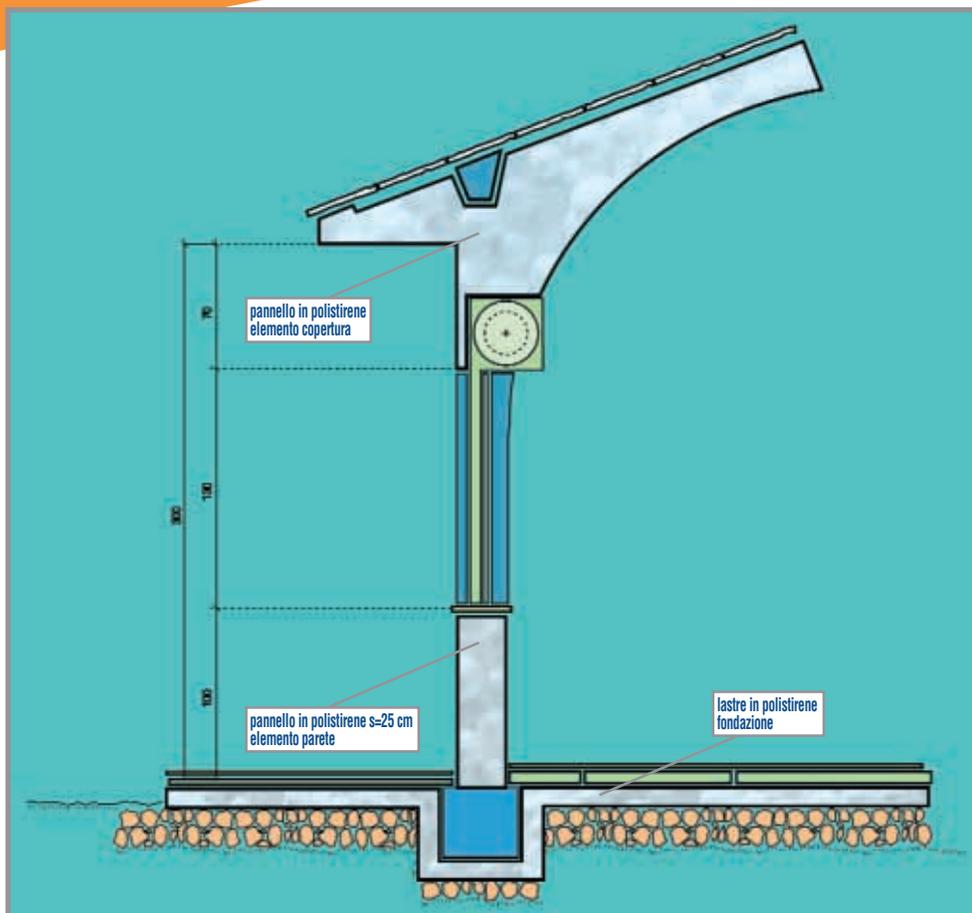


I LIBRI DI
AIPE



RISPETTARE L' AMBIENTE EPS E BIOEDILIZIA

Polistirene Espanso Sinterizzato



BE-MA editrice

RISPETTARE L'AMBIENTE

EPS e bioedilizia

serie: I libri di Aipe

1° titolo: Le condense interne e superficiali

2° titolo: Isolare le fondazioni con l'EPS

3° titolo: Sistemi innovativi in EPS

4° titolo: Il polistirene e l'impatto ambientale

Coordinamento del libro:

Marco Piana

BE-MA editrice

via Teocrito, 50 - 20128 Milano

tel 02 2552451

fax 02 27000692

Grafica e impaginazione: Laura Parma

Fotolito: 3F - Milano

Stampa e confezione: A.G. Bellavite - Missaglia (LC)

© 1999 BE-MA editrice - Milano

BE-MA editrice - Milano

Tutti i diritti sono riservati, anche di riproduzione parziale,
a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

ISBN 88-7143-209-6

Sommario

Premessa	5
Introduzione	7
Il clima	11
Il ciclo della vita	16
L'inerzia termica	22
Umidità e condensa	24
Comfort ambientale	27
Isolamento acustico	37
Comportamento al fuoco	46
La certificazione del prodotto	54
La certificazione dell'azienda	57
L'AIPE	60

Premessa

Giano

Bifronte, cioè 2 facce opposte : una rivolta indietro, l'altra avanti quasi per simboleggiare il duplice aspetto delle cose, l'alternarsi del giorno e della notte, la partenza e il ritorno, il passato ed il futuro, il principio e la fine. In origine erano consacrati a Giano tutti i passaggi, le porte, gli archi della città. Il suo nome sembrava collegarsi con "porte", finì col simboleggiare qualsiasi forma di "passaggio" della vita familiare e sociale, si da presiedere ad ogni inizio e ad ogni conclusione dell'attività umana. Oggi i problemi legati all'ambiente sono quasi sempre legati a "GIANO" con un aspetto palese di rispetto per l'ecologia ed un aspetto celato di non conformità a quanto dichiarato.

Bioedilizia

Il settore dell'edilizia è percorso trasversalmente da un tema che accomuna produttori, imprese, progettisti e utenti identificato mediante il prefisso "BIO", come biologico, bioedile, biocompatibile, bioarchitettura, ecc. In letteratura esiste ad oggi una notevole quantità di materiale sull'argomento, tanto da imbarazzare non poco chi volesse approfondirne gli intendimenti. E' in ogni caso intenzione dell'AIPE aiutare tutti coloro che si pongono di fronte all'argomento "BIO" in modo corretto ed il più possibile allargato alle tematiche che fanno capo al tema in esame. Ci rendiamo perfettamente consapevoli della difficoltà di comparare e fornire dati imparziali, come pure discutere di argomenti quali ambiente e natura; è altrettanto vero che l'osservatore esterno veda tutti i materiali ed i processi presentati come "naturali" e biocompatibili. L'argomentazione, è inevitabile, verte sul materiale isolante ed in particolare quello trasformato dalle aziende associate ad AIPE, ovvero il Polistirene espanso sinterizzato EPS. Materiale che deriva dal petrolio mediante processi chimici con tematiche ambientali ed ecologiche che molti giudicano negative. Un dubbio eclatante? "E' più ecologico l'EPS od il sughero? Viene considerato puramente a livello generale senza puntualizzazioni mirate; E' corretto esprimere la domanda in questi termini?; Che cosa realmente fanno il progettista e l'utente in merito all'EPS ed al sughero?" Certamente la risposta nella maggioranza dei casi sarebbe che l'EPS è plastica derivata dal petrolio, inquinante; il sughero è naturale ed ecologico. Quanto viene esposto ha la finalità di dimostrare che non è sufficiente definire un materiale naturale perché questo non sia inquinante, oppure sia rispettoso dell'ambiente, ed a volte è esattamente l'opposto di quanto immaginiamo o ci fanno credere e la premessa di Giano potrebbe farci meditare.

Che cosa è l'EPS?

Il polistirene espanso sinterizzato, o EPS, è un materiale per isolamento realizzato con materiale plastico espanso rigido e leggero prodotto da polistirene solido in granuli. L'espansione avviene per mezzo di una piccola aggiunta di gas pentano dissolto in ogni singolo granulo durante la fase di produzione. Il gas espande per azione del calore fornito sotto forma di vapore per realizzare delle celle perfettamente chiuse di EPS. Queste celle occupano circa 40 volte il volume delle perle originarie di polistirene. Le celle di EPS vengono inserite in stampi di forma appropriata per realizzare l'oggetto finale.

Chi utilizza l'EPS?

Tutti coloro che necessitano di isolamento termico ed acustico per pareti, tetti e pavimenti. L'EPS verrà considerato materiale ideale, di costo ragionevole e di facile impiego. Inoltre l'EPS viene utilizzato come materiale per sottofondazioni, per rilevati stradali e per elementi galleggianti.

Benefici per l'utente

ISOLANTE TERMICO

L'EPS è costituito dal 98% di aria e quindi è un elevato materiale isolante.

ISOLANTE ACUSTICO

L'EPS assorbe il rumore sia da impatto (pavimenti) sia da via aerea (pareti).

RESISTENTE ALLA UMIDITA'

L'EPS non degrada in presenza di acqua od umidità.

DURABILITA'

L'EPS non si decompone e resiste alla maggior parte degli acidi in uso corrente.

PROPRIETA' MECCANICHE

Prove sperimentali effettuate da oltre 20 anni provano le reali proprietà meccaniche dell'EPS anche con carichi gravosi.

VERSATILITA'

L'EPS può essere stampato e tagliato nelle forme più varie ed è compatibile con la maggioranza dei materiali.

COSTO

L'EPS offre il miglior rapporto prezzo/caratteristiche comparato con altri materiali isolanti.

TRASPORTO

Grandi volumi di trasporto permettono di ottimizzare i viaggi di consegna del materiale.

INSTALLAZIONE

L'EPS è leggero, pratico, sicuro per l'installatore che non corre alcun pericolo durante il maneggiamento.

FUOCO

L'EPS può essere di tipo normale o ritardante la fiamma. Quest'ultimo viene anche definito autestingente in quanto il materiale ritraendosi produce lo spegnimento della fiamma.

Benefici per l'ambiente

SICUREZZA

L'EPS non è tossico ed è totalmente inerte. Non contiene CFC (clorofluorcarburi) o HCFC e non vengono neppure utilizzati durante la produzione. Non contiene alcun elemento nutritivo e quindi non permette l'annidarsi di microorganismi.

RICICLABILE

L'EPS può essere riciclato in molti modi: all'interno di nuovi prodotti, incenerito per recuperare energia, oppure riutilizzato per fini secondari.

SALUTE

L'EPS non provoca danni alla salute di chi lo utilizza o lo installa.

INQUINAMENTO

L'utilizzo di 10 Kg di EPS per l'isolamento termico di un edificio permette di risparmiare per il riscaldamento di quest'ultimo 4000 litri di gasolio in 50 anni di vita.

La vita dell'EPS

Fase 1 ***La fabbricazione***

Il processo di fabbricazione dell'EPS comprende 5 eventi:

Preespansione: i granuli di polistirene vengono espansi liberamente mediante vapore ottenendo palline singole.

Maturazione: le palline vengono contenute in silos per cedere parte del vapore utilizzato

nella fase precedente.

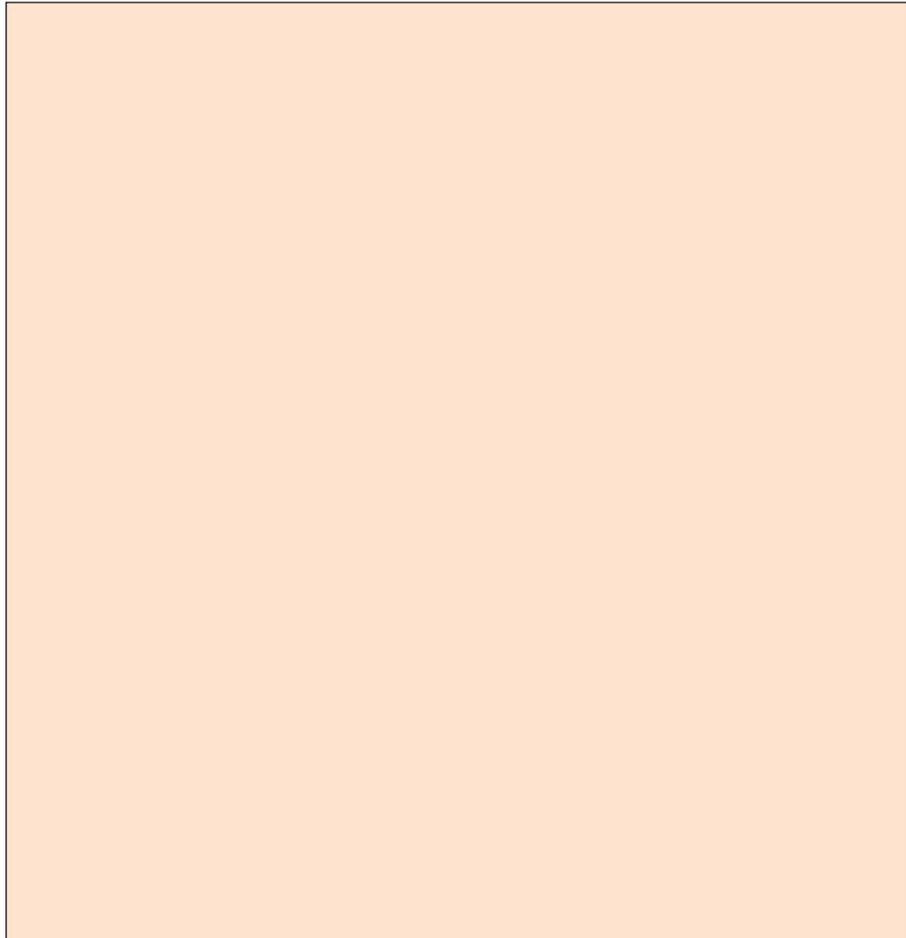
Stampaggio: Le palline vengono poste in stampi adeguati e con il passaggio di vapore si saldano le une alle altre formando l'elemento richiesto.

Taglio: Se lo stampaggio ha creato dei blocchi questi vengono tagliati per realizzare lastre od altri elementi dopo averli fatti stagionare per alcuni giorni.

Post-produzione: le lastre od altri elementi possono essere accoppiati a laminati e a filoni per realizzare componenti multistrato

Lo schema del processo produttivo può essere rappresentato evidenziando gli elementi necessari in ingresso e gli elementi ottenuti in uscita:

Figura 1



Fase 2 **L'uso**

L'utilizzo di EPS contribuisce in modo positivo all'ambiente di vita. L'energia utilizzata per produrre il polistirene espanso è una quantità minima se rapportata con quanta viene risparmiata durante la vita di un edificio correttamente isolato. L'EPS è riconosciuto universalmente un materiale che non crea pericoli a chi lo utilizza e a chi lo installa. Non crea allergie e non è tossico. Vapore e umidità non comportano danni permanenti al materiale. Le caratteristiche meccaniche e termiche sono fornite per l'intera vita dell'edificio ove viene installato. L'EPS è realizzato anche in forma autoestinguente ovvero non partecipante all'incendio. I vapori ed i gas emessi durante l'esposizione alla fiamma sono meno nocivi di quelli emessi da materiali analoghi come

legno o sughero.

Fase 3 ***Il riciclo ed il riuso***

L'EPS può essere sottoposto a diverse forme di riciclo e di riuso. L'EPS dopo l'utilizzo può essere compattato per ottenere mattoni a densità di 400 Kg/m³ riducendone il volume. L'EPS può essere frantumato e riciclato per realizzare blocchi o parti secondarie. L'EPS può essere utilizzato come combustibile ottenendo ancora l'energia spesa per produrlo e l'energia derivante dallo stesso materiale di partenza. L'EPS può essere portato in discarica in quanto è materiale inerte e può creare l'areazione necessaria in alcune situazioni in cui è richiesta per la decomposizione delle sostanze organiche. L'EPS può essere utilizzato per realizzare granuli utilizzabili nel processo di stampaggio.

Il clima

Aspetti climatici ambientali

(Conclusioni dell'Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)

Vengono qui riassunte le più recenti (1995) conclusioni della Commissione Intergovernativa sui Cambiamenti Climatici istituita dalle Nazioni Unite nel 1988 al fine di pervenire ad una valutazione autorevole ed obiettiva dei possibili effetti ambientali e climatici prodotti dalle emissioni in atmosfera e, in particolare, dei gas-serra. Prescindendo da inutili allarmismi, la portata del problema potrebbe essere tale da rendere indispensabile che a livello politico si faccia strada una ferma consapevolezza in merito a tali argomenti e che si adottino delle linee di politica energetica e ambientale in una prospettiva molto più ampia della corrente pianificazione a breve termine, ispirate soprattutto a criteri di grande cautela. L'inerzia dei sistemi sociali sui quali si dovrebbe intervenire è tale da richiedere tempi di intervento e di risposta molto lunghi e quindi grande tempestività nelle azioni da intraprendere. In pratica, l'attesa della certezza scientifica sugli effetti indotti dai cambiamenti climatici potrebbe determinare un ritardo di intervento con conseguenze irreversibili. Per quanto riguarda il nostro paese, anche se l'Italia appare teoricamente in grado di rispettare le linee tendenziali assunte in ambito internazionale (Conferenza di Rio, Programmi CIPE 94, Conferenza di Roma 1995, Accordi Comunitari in fase di definizione), circa la riduzione delle emissioni nel breve termine, grazie alla elevata penetrazione del gas naturale nel sistema energetico italiano, è anche vero che il mantenimento dell'obiettivo oltre il 2000 o, più precisamente, il rispetto di impegni di riduzione più ambiziosi per il 2010 (- 7% per l'Italia) sarà reso molto difficile dalla crescita dei consumi e dall'assenza del contributo delle fonti rinnovabili e soprattutto del nucleare. In altri paesi questa fonte fornisce già oggi un rilevante contributo alla riduzione delle emissioni ed ha consentito alla Francia, in sede di negoziato europeo, di ottenere l'assegnazione di una quota di riduzione delle emissioni al 2010 nulla (0%) rispetto ai livelli 1990, conseguendo così un duplice vantaggio economico, sia in termini di costi delle tecnologie di riduzione, sia sul piano delle potenziali esportazioni di energia elettrica verso paesi che, dovendo rispettare quote di riduzione più onerose, potrebbero ricorrere alla importazione di energia elettrica francese.

Cambiamenti Climatici indotti dai Gas-serra e loro effetti

La presenza dei gas-serra in atmosfera viene monitorata attraverso la misura dell'incremento delle concentrazioni rispetto ai valori preindustriali e della cosiddetta "forzante radiativa" (FR), parametro che indica quanto i gas-serra siano in grado di turbare l'equilibrio termico del pianeta. Una FR positiva indica ovviamente una tendenza al riscaldamento terrestre. I rilievi ufficiali più recenti indicano che la concentrazione di gas-serra in atmosfera è in costante aumento. Gli incrementi rispetto ai valori preindustriali sono riassunti nella tabella seguente insieme al contributo che ogni tipo di gas fornisce alla FR totale. Si vede che i maggiori responsabili del riscaldamento sono il biossido di carbonio (CO₂) ed il metano (CH₄) mentre contributi minori vengono dagli altri gas.

Nota :

Le valutazioni ed i rilievi indicano che, se l'emissione di CO₂ fosse mantenuta ai livelli 1994, essa porterebbe ad un raddoppio (500 ppmv) della concentrazione entro la fine del 21° secolo rispetto ai livelli preindustriali (280 ppmv) e che, riducendo immediatamente le emissioni ai livelli 1990, la concentrazione potrebbe essere stabilizzata a 450 ppmv in circa 40 anni. Ai fini della stabilizzazione si riscontra un effetto di accumulo, per cui elevate emissioni nei primi anni richiedono emissioni più ridotte negli anni e decenni successivi. Un dato positivo riguarda l'aumento dei CFC (cloro-fluoro-carburi responsabili anche della distruzione della fascia di ozono stratosferico) che risulta ridotto quasi a zero, per cui si attende, per il futuro, una riduzione della concentrazione con un ripristino della fascia di ozono (2050). Un contributo moderato alla FR è atteso comunque dai gas che hanno sostituito a livello industriale i CFC. Nell'emisfero Nord un contributo positivo alla FR è dovuto anche all'ozono troposferico di origine umana. E' stato inoltre riscontrato che l'aumento di aerosols da combustione ai bassi livelli atmosferici causa una FR negativa non uniforme che, a livello locale, può annullare gli effetti della FR positiva dei gas-serra e ne può ridurre gli effetti su scala continentale. Di ciò si tiene conto nella valutazione degli effetti sul clima. A tale proposito la difficoltà maggiore consiste nella distinzione tra gli effetti indotti dalle attività umane, attualmente ancora molto contenuti, e la variabilità climatica naturale della quale non sono ben note le oscillazioni a lungo termine. Pur permanendo alcune incertezze, e con la doverosa cautela delle posizioni ufficiali, viene comunque affermato che "le evidenze disponibili indicano l'esistenza di influenze umane sul clima globale" e che le attuali variazioni climatiche non sono riconducibili soltanto a fluttuazioni naturali. Tale posizione è supportata da alcuni riscontri oggettivi, quali ad esempio :

- la temperatura media globale è aumentata dall'inizio del secolo di 0.3-0.6 C e gli ultimi anni risultano i più caldi in assoluto, nonostante l'effetto di raffreddamento prodotto dall'eruzione del vulcano Pinatubo nel 1991 ;
- in conformità con quanto previsto dalle analisi, si registrano evidenti variazioni climatiche a livello locale come i riscaldamenti invernali e primaverili dei continenti a latitudine medio/alta e alcune aree di raffreddamento (es : Nord Atlantico) ; nel 90-95 si registra una persistente fase calda della Oscillazione Meridionale "El Nino", che risulta insolita negli ultimi 120 anni.

Per quanto riguarda il futuro, gli scenari di riferimento prevedono un incremento medio della temperatura di circa 2 C (1-3.5 C, includendo le incertezze) entro l'anno 2100 (il valore è ridotto del 30% rispetto alle precedenti stime 1990 a causa delle correzioni introdotte per l'effetto negativo degli aerosols). Anche assumendo il valore minimo di 1 C, l'incremento medio sarebbe difficilmente imputabile alla variabilità naturale e inoltre, a causa dell'inerzia degli oceani, tale cambiamento non sarà in equilibrio per il 2100 e la temperatura continuerà ad aumentare oltre tale data anche se le concentrazioni di gas-serra saranno allora stabilizzate. Analoga considerazione vale per il conseguente aumento dei livelli dei mari (circa 50 cm per il 2100, con una escursione min/max di 15 e 95 cm).

Un aumento medio della temperatura terrestre di 1 C viene ritenuto capace di provocare ad esempio :

- mutamenti delle specie vegetali in un terzo delle aree forestali del pianeta ;
- un aumento della desertificazione e condizioni più estreme nelle aree già desertiche ;
- la scomparsa nell'arco di 100 anni del 30-50% dei ghiacciai di montagna con impatto sui flussi fluviali, sulla disponibilità di acqua, sulla produzione agricola, sugli equilibri idrogeologici ;
- lo spostamento della collocazione geografica delle aree umide ;
- l'alterazione degli equilibri biologici delle acque interne ;
- un impatto ecologico e sociale su tutte le aree costiere, associato all'aumento del livello dei mari.

Questi ed altri effetti (sulla salute umana ad esempio) interverrebbero in un arco temporale sufficientemente lungo da permettere, in alcuni casi, processi di adattamento degli ecosistemi e delle strutture sociali. Ad esempio non si prevedono effetti di riduzione della produttività alimentare e agricola globale, ma le aree di produzione subirebbero degli spostamenti. Allo stesso modo una parte sensibile delle attività umane subirebbe dei cambiamenti in tipologia e collocazione cui soltanto alcuni paesi sarebbero in grado di far fronte.

In definitiva, la posizione ufficiale sui cambiamenti climatici è caratterizzata, da un lato, da una grande cautela nell'affermare che cambiamenti climatici siano già in atto, dall'altro, da una descrizione dei possibili effetti che non può, anche nel caso di effetti non necessariamente negativi, non destare serie preoccupazioni.

Azioni di Intervento nel Settore Energetico

L'IPCC ha svolto anche approfondite analisi sulle azioni da intraprendere per ridurre le emissioni di gas-serra. In questo caso i risultati ottenuti sono molto attendibili ed in base ad essi vengono fornite indicazioni e raccomandazioni sugli interventi da porre in essere, in particolare a livello politico. Una significativa riduzione delle emissioni di gas-serra è tecnicamente ed economicamente ottenibile assumendo, a livello politico, delle iniziative tendenti ad accelerare lo sviluppo e la diffusione di opportune tecnologie in tutti i settori produttivi e di servizio (energia, industria, trasporti, gestione delle risorse agricole e forestali, ambiente, etc.). In particolare, la tempestiva diffusione di tali tecnologie dipende non tanto dalla possibilità di finanziare nuovi investimenti quanto dalla capacità politica di operare barriere di tipo culturale, istituzionale ed economico, che possono opporsi al cambiamento dei sistemi. E' il caso ad esempio del settore dell'energia in cui, già nei prossimi decenni, si determinerà la necessità di cambiare l'intero sistema mondiale (per ragioni indipendenti da fattori climatici quali l'esaurimento delle riserve di petrolio e gas) senza dover ricorrere ad un prematuro ritiro dei capitali investiti nelle tecnologie esistenti. Sarebbe quindi sufficiente orientare ed incentivare tempestivamente la ricerca e lo sviluppo tecnologico verso quelle opzioni, in parte già disponibili, in grado di ridurre drasticamente le emissioni (fonti rinnovabili e nucleare) anziché concentrare gli sforzi, come in alcuni casi avviene, soltanto ad esempio sulle moderne tecnologie di sfruttamento del carbone. Un esempio più vicino ed immediato di inerzia in tal senso è fornito dal caso italiano, dove già attualmente è in corso (per ragioni di diversificazione degli approvvigionamenti oltre che ambientali) una graduale riduzione dell'incidenza del petrolio sui consumi energetici, fonte che tuttavia viene sostituita quasi esclusivamente dal gas naturale o, in prospettiva, da gas di sintesi e addirittura da greggi pesanti in emulsione, senza riconsiderare né la possibilità del nucleare, né prevedere un adeguato sviluppo delle fonti rinnovabili. In termini quantitativi il settore energetico è ovviamente responsabile della maggior parte delle emissioni di gas-serra. I consumi di energia primaria nel 1990 hanno dato luogo, su scala mondiale, all'emissione di circa **6 mld di tonnellate di carbonio (6 Gton) in forma di CO₂**, imputabili per il 45% ai consumi industriali, per il 29% ai consumi residenziali e per il 21% ai trasporti, settore quest'ultimo che presenta il tasso di crescita più sostenuto. I maggiori produttori di gas-serra sono naturalmente i paesi OCSE, seguiti

dall'ex-URSS. E' previsto tuttavia un contributo rapidamente crescente dei paesi in via di sviluppo. Le proiezioni dell'IPCC indicano che, in assenza di opportuni interventi, nella prima metà del XXI secolo le emissioni continueranno a crescere con l'aumento dei consumi energetici su scala mondiale. Per quanto riguarda gli interventi e le azioni di riduzione nella fase di impiego finale dell'energia, numerosi studi indicano che, nei prossimi 20-30 anni, l'efficienza energetica media in molti paesi può essere incrementata del 0-60% a seconda dei settori, a costi praticamente trascurabili (no regret), adottando soltanto adeguate iniziative di conservazione e nazionalizzazione. Ciò vale in particolare per i paesi avanzati dove le emissioni cresceranno a ritmi molto più lenti dei consumi energetici anche grazie all'uso di combustibili e risorse energetiche più adeguati. Nel settore industriale il potenziale aumento di efficienza (ottenibile mediante risparmio energetico, cogenerazione, recuperi di materiali, etc.) è del 25% con una riduzione delle emissioni del 30% dovuta ad interventi costruttivi sui veicoli, senza detrimento di prestazioni e comfort, mentre risparmi maggiori possono essere conseguiti con interventi sulla mobilità e sulla modalità del trasporto (es. incentivazione del trasporto collettivo). L'insieme di tali misure può determinare una riduzione del 40% delle emissioni di gas-serra e di altri inquinanti. Nel settore domestico-residenziale il risparmio energetico conseguibile è del 25%. In tutti i casi la potenziale riduzione delle emissioni può essere sensibilmente maggiore del risparmio energetico in presenza di opportuni cambiamenti delle fonti energetiche primarie (ad esempio combustibili alternativi ad energia elettrica da fonti rinnovabili o nucleare). Un contributo notevole alla riduzione delle emissioni può derivare anche dal controllo sistematico del rilascio dei vari gas-serra durante alcuni processi di lavorazione industriale. Nel settore della produzione di energia gli interventi possibili sembrano più incisivi e radicali anche se richiedono probabilmente tempi più lunghi per la necessità di attendere il normale avvicendamento delle tecnologie impiantistiche al fine di non influire negativamente sull'ammortamento degli investimenti effettuati. Tra le azioni principali vengono indicate :

- *lo sviluppo e la diffusione delle fonti rinnovabili* (solare, biomasse, eolico, igro-geo) ; alcune di tali fonti sono già disponibili a prezzi competitivi, mentre per altre si prevedono riduzioni di costo dovute a effetti di penetrazione sul mercato o a miglioramenti tecnologici, tra le fonti citate anche le biomasse presentano emissioni complessivamente nulle in quanto nella fase di combustione rilasciano CO₂ preventivamente fissata nel processo di fotosintesi. Nel confronto con il solare e l'eolico, le biomasse presentano attualmente migliori prospettive in termini occupazionali, di costo e anche di impiego del territorio ;
- *Lo sviluppo dell'energia nucleare* ; l'energia nucleare potrebbe, in tempi relativamente brevi, sostituire totalmente i combustibili fossili nella generazione dell'energia elettrica a costi molto competitivi. Occorre però fornire adeguate risposte ai problemi (di sicurezza) relativi alla accettabilità presso il pubblico e allo stoccaggio dei rifiuti, che ne hanno condizionato lo sviluppo in alcuni paesi ;
- *l'incremento dei rendimenti delle tecnologie di conversione* ; sono attualmente disponibili tecnologie di conversione con rendimenti superiori al 50% (cicli combinati, cogenerazione) e valori più elevati (60%) sembrano raggiungibili in futuro ; tali tecnologie andrebbero rapidamente diffuse dai paesi più avanzati a quelli in via di sviluppo ;
- *il passaggio a combustibili fossili a basso tenore di carbonio* ; le emissioni specifiche di CO₂ per unità di energia del gas naturale, dell'olio combustibile e del carbone sono rispettivamente di 14, 20 e 25 KgC/GJ ; il vantaggio che si ottiene in termini di emissioni bruciando gas naturale è tuttavia anche più elevato a causa degli alti rendimenti ottenibili negli impianti a gas rispetto a quelli a carbone e ad olio combustibile ; il gas potrebbe potenzialmente sostituire i prodotti petroliferi anche nel settore dei trasporti ; occorre tuttavia ridurre le perdite di metano (CH₄) dai gasdotti ;
- *la decarbonizzazione delle emissioni, dei combustibili e lo stoccaggio della CO₂* ; la decarbonizzazione parziale delle emissioni degli impianti di elettrogenazione sarebbe teoricamente possibile ma comporta un aumento dei costi insostenibile e una riduzione sensibile del rendi-

mento degli impianti ; la decarbonizzazione dei combustibili con produzione di combustibili idrogenati da impiegare in sistemi di conversione avanzati, disponibili commercialmente in futuro (celle a combustibile), richiede ancora sviluppi tecnologici ; entrambe le tecnologie presentano il problema dello stoccaggio della CO₂ ; la possibilità di stoccaggio in giacimenti esauriti di gas presenta incognite ambientali e costi da valutare ma presumibilmente molto alti.

In conclusione, sotto ragionevoli ipotesi di sviluppo demografico, di crescita economica e di incremento dei consumi energetici, si valuta che, con opportuni e tempestivi interventi a livello politico intergovernativo, sia possibile ridurre le emissioni di gas-serra legate al settore dell'energia da 6 Gton/a nel 1990 a 4 nel 2050 e a 2 Gton/a nel 2100. Le tecnologie per conseguire tale risultato sono potenzialmente disponibili a condizione di destinare nei prossimi anni degli investimenti alla ricerca e allo sviluppo e di sostenere inizialmente la loro penetrazione e diffusione sul mercato. A tal fine è necessario un chiaro indirizzo politico in termini di investimenti, politiche tariffarie/fiscali di incentivazione, accordi internazionali e informazione e coinvolgimento dell'opinione pubblica.

Il ciclo della vita

Materiali a confronto Imballi ed ambiente

L'imballaggio è risultato essere l'argomento di gran lunga più discusso ed analizzato in termini di impatto ambientale. Molti metodi sono stati approfonditi per analizzare e conteggiare tutti gli aspetti relativi alla vita dell'imballo sia relativo ad un prodotto che giunge all'utente finale sia relativo ad un prodotto destinato alla grande distribuzione. Vengono considerati solo i parametri ed i metodi più utilizzati ed accettati con grande concorso di consensi. Gli imballi svolgono molteplici funzioni. Essi devono in primo luogo proteggere, isolare e facilitare il maneggiamento. Durante il trasporto e l'immagazzinaggio la merce è infatti sottoposta a sollecitazioni meccaniche e termiche e subisce gli influssi dell'umidità. Gli imballi inoltre possono ridurre i costi e comportare dei vantaggi nella vendita. I materiali da imballo devono quindi essere versatili, adattabili ed economici. Indipendentemente dal tipo di imballo esterno, i preformati di EPS vengono oggi impiegati per molteplici applicazioni ed in svariati settori. Mentre nel caso di alcuni impieghi essi sono ormai considerati insostituibili, in altri casi possono entrare in netta concorrenza con elementi di altri materiali. Poiché spesso gli imballi sono composti da una combinazione di diversi materiali ha senso eseguire un confronto sulla base di esempi concreti di imballo. Un esame differenziato dei materiali da imballo consente di trarre delle conclusioni sulla soluzione di imballi per cui optare, nonché contribuire ad ottimizzarla.

La valutazione del ciclo di vita degli imballaggi

Per razionalizzare la gestione dei problemi ambientali dell'imballaggio è possibile utilizzare uno strumento in grado di offrire un quadro quantitativo del relativo impatto ambientale. Questo strumento è la valutazione del ciclo di vita o life cycle assessment : LCA. Su questo tema si contano numerose pubblicazioni e rassegne e operano importanti società e organizzazioni come ad esempio lo Spold (Society for the Promotion of LCA Development), che si occupa della promozione e sviluppo della valutazione ambientale del ciclo di vita. Il settore dell'imballaggio è quello dove è stato compiuto il maggior numero di studi di valutazione del ciclo di vita e dove storicamente si è avuta la prima applicazione nel 1969 (Coca-Cola). La direttiva europea sui rifiuti dell'imballaggio fa riferimento esplicito (articolo 6) all'uso di ecobilanci come strumento utile per valutare i risultati e migliorare l'applicazione della direttiva stessa. Nell'articolo 10 inoltre si raccomanda di sviluppare criteri e metodologie standardizzate per la elaborazione di LCA degli imballaggi.

Che cos'è una valutazione del ciclo vita (life cycle assessment o lca)?

Nella bozza dello standard internazionale ISO/DIS 14040, si dà la seguente definizione del concetto di valutazione del ciclo vita "Compilazione e valutazione degli input e output e gli impatti potenziali sull'ambiente di un prodotto lungo l'intero ciclo di vita del prodotto stesso". LCA è una tecnica per valutare gli aspetti ecologici e i potenziali impatti di un prodotto. L'"inventory"

del ciclo vita (Life Cycle Inventory o LCI), cioè la compilazione dell'“inventario” dei relativi input e output di un sistema è un importante aspetto dello studio.

A cosa serve LCA?

LCA può servire a :

- identificare le opportunità per migliorare gli aspetti ecologici nei vari stadi del ciclo vita dei prodotti ;
- stimolare le decisioni nel settore e presso le organizzazioni, governative e non ;
- selezionare i relativi indicatori della performance ecologica, incluse le tecniche di misurazione;
- facilitare il marketing (ad esempio tramite un programma di ecoetichettatura).

Secondo le convenzioni correntemente usate la valutazione del ciclo di vita si suddivide in due fasi :

a) l'analisi del ciclo di vita o lifecycle analysis (LCA), che consiste nella compilazione quantitativa e sistematica (inventario) di tutti i prelievi e immissioni nell'ambiente dei materiali, dell'energia e dell'inquinamento associato attribuibile al prodotto, o al servizio, durante il suo ciclo di vita (dalla culla alla tomba).

b) La valutazione dell'effetto sull'ambiente dei parametri individuati dalla LCA che producono danni all'ambiente.

La sigla LCA viene correttamente usata per indicare la fase a) della valutazione del ciclo di vita, e cioè la fase di analisi o anche di semplice compilazione dei prelievi e delle immissioni nell'ambiente. La valutazione ambientale dei processi viene in genere denominata “ecobilancio”. La valutazione del ciclo di vita è uno strumento che aiuta la gestione della progettazione e del miglioramento degli imballaggi sulla base di criteri ambientali. Per attuare una valutazione del ciclo di vita di un prodotto o di un processo è necessario considerare oltre all'effetto sull'ambiente anche il beneficio derivante per la Società ovvero per i consumatori. L'esecuzione di questo bilancio costi-benefici assume la forma più semplice quando si confrontino ad esempio due imballaggi destinati alla stessa funzione. In tal caso la valutazione deriva direttamente dal confronto delle LCA. Nonostante i problemi sollevati dall'uso di questo strumento ancora in fase di sviluppo e nonostante la confusione sul suo ruolo e funzione, sono sempre di più le aziende che per orientarsi nelle scelte ambientali ricorrono a questo strumento per definire le relative politiche e strategie. Le applicazioni della valutazione del ciclo di vita di imballaggi sono numerose e non poche aziende ne fanno uso non soltanto per il problema degli imballaggi. L'uso più frequente della valutazione del ciclo di vita è dovuto ai seguenti motivi:

- la valutazione del posizionamento ambientale di un imballaggio;
- il miglioramento di un imballaggio;
- la valutazione di un progetto di un nuovo imballaggio.

Dai risultati di una LCA è possibile individuare il posizionamento ambientale dell'imballaggio di interesse ed è possibile identificarne i punti di debolezza su cui dirigere lo sforzo progettuale. Nell'ambito della progettazione di nuovi imballaggi gli strumenti di cui sopra possono analogamente fornire gli elementi per indirizzare le scelte produttive. I risultati di questa valutazione hanno anche la funzione di fornire informazioni per il consumatore e per la pubblica amministrazione a supporto di certificazioni ambientali e di gestione dell'ambiente e non ultimo di far luce su molti aspetti su cui sono nate false aspettative a causa di valutazioni parziali e incomplete perché limitate ad una sola fase del ciclo di vita. Per compiere una valutazione del ciclo di vita dalla culla alla tomba è necessario definire il sistema da esaminare e in particolare i suoi confini. La scelta dei confini è una operazione critica da cui dipendono i risultati finali e su questo tema sono in atto studi volti a individuare criteri di standardizzazione. Lo schema generale di analisi del ciclo di vita è riportato nella figura 1 in cui il ciclo viene suddiviso in fasi ognuna delle quali viene definita in base al bilancio energetico e ai prodotti di rifiuto aria, acqua e rifiuti

solidi). Le fasi di vita rilevanti per un imballaggio sono la produzione delle materie prime, la trasformazione di queste in parti finite e assemblate ovvero la fabbricazione dell'imballaggio, la fase di uso (riempimento e trasporto) e la fase di smaltimento (conferimento, recupero, incenerimento e discarica). Per il calcolo della LCA i dati relativi alle varie fasi di vita dei materiali per imballaggio sono in genere disponibili almeno per i più importanti di essi. In genere i risultati ottenuti nella fase di inventario, di tutti i prelievi e le immissioni nell'ambiente, non sono di facile interpretazione se non si procede ad aggregazioni dei dati. Le aggregazioni più frequentemente usate sono :

- i consumi energetici complessivi, in cui è eventualmente opportuno evidenziare le forme di energia in elettrica, termica e energia intrinseca ;
- i volumi complessivi di rifiuti solidi in riferimento ad esempio ai volumi di discarica utilizzati per il loro smaltimento ;
- le emissioni complessive in aria e nelle acque superficiali.

L'aggregazione per queste emissioni è un punto molto critico e discusso, ma di importanza fondamentale per la comprensione di questo tipo di informazioni. Alcuni modelli di calcolo assumono ad esempio una aggregazione per volumi di diluizione e degli inquinanti ai limiti delle concentrazioni di legge o aggregazioni in relazione a effetti su specifici aspetti ambientali.

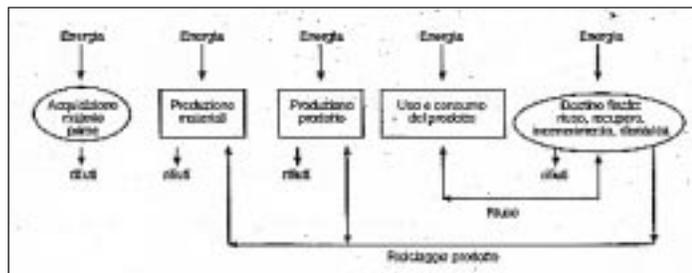


Figura 1 - Fasi del ciclo di vita di un prodotto

Che cos'è una valutazione del ciclo vita (life cycle assessment o LCA)

“Compilazione e valutazione degli input e output e gli impatti potenziali sull'ambiente di un prodotto lungo l'intero ciclo di vita del prodotto stesso.”

LCA è una tecnica per valutare gli aspetti ecologici e i potenziali impatti di un prodotto. L'“Inventory” del ciclo di vita (life cycle inventory o LCI), cioè la compilazione dell'“inventario” dei relativi input e output di un sistema, è un importante aspetto dello studio.

A cosa serve LCA?

- Identificare le opportunità per migliorare gli aspetti ecologici nei vari stadi del ciclo vita dei prodotti;
- stimolare le decisioni nel settore e presso le organizzazioni, governative e non;
- selezionare i relativi indicatori della performance ecologica, incluse le tecniche di misurazione;
- facilitare il marketing (ad esempio tramite un programma di ecoetichettatura).

Il metodo LCA comprende le seguenti voci: consumo di energia; volume critico d'aria; volume critico d'acqua; volume in discarica; global warming potential (valore GWP) ovvero potenziale di riscaldamento globale.

Il ciclo di vita del polistirene espanso

L'analisi del ciclo di vita del polistirolo deve analizzare tutti i processi necessari per giungere al prodotto finale ed al relativo utilizzatore. Materie prime utilizzate e fonti di energia devono essere contabilizzate considerando anche gli apporti positivi ottenuti durante la trasformazione chimica a differenti livelli. Una visione a blocchi del processo può essere così sintetizzata:

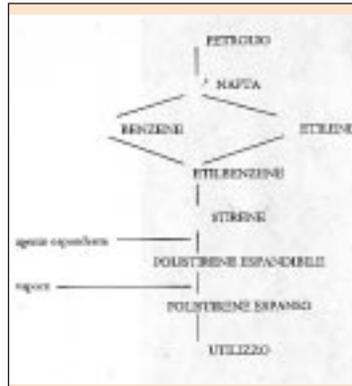


Figura 2

Produzione del polistirene

Il polistirene viene prodotto mediante polimerizzazione dello stirene. La polimerizzazione è un processo esotermico : per 1 Kg di stirene che polimerizza vengono rilasciati 700 KJ. Il processo di polimerizzazione può avvenire con due metodi :

- Polimerizzazione in massa.
Processo continuo condotto in un sistema chiuso.
Non vi sono acque di scarico inquinante dal processo.
- Polimerizzazione in sospensione.
E' condotta in ambiente acquoso con acque di scarico che devono essere trattate.

Per produrre 1 Kg di polistirolo espandibile occorrono :
0,93 Kg STIRENE
0,07 Kg PENTANO

Produzione di polistirene espanso (EPS)

Può essere realizzato con due metodologie :

- ° in continuo (lastre)
- ° in discontinuo (blocchi e stampati)

Vapore occorrente :

60 Kg/m³ continuo

18 Kg/m³ discontinuo

1 Kg di EPS deriva da 1 Kg di polistirene espandibile.

Bilancio energetico

Per la produzione della materia prima sono necessari : 25,92 MJ/Kg così suddivisi :

7,42 MJ produzione benzene/etilene/pentano

0,09 MJ produzione etilbenzene

13,60 MJ produzione stirene

4,00 MJ produzione polistirene espandibile.

Il trasporto della materia prima necessita in media di 0,077 MJ/Kg.

Il processo di espansione necessita di :

2,9 MJ/Kg discontinuo

9,6 MJ/Kg continuo.

Il trasporto dell'EPS all'utilizzatore in media necessita di : 0,46 MJ/Kg. La somma dei consumi sopra riportati permette di giungere alla quantità globale di energia necessaria :

29,36 MJ/Kg discontinuo

36,06 MJ/Kg continuo

Conclusioni

- 1 Kg di polistirene richiede 1,72 Kg di petrolio per la produzione della materia prima
2. Se l'energia esterna utilizzata per la produzione è posta pari al 100% si può ipotizzare la ripartizione
 - ~ 80 % per la produzione della materia prima
 - ~ 20 % per produrre EPS
 - (espansione + sinterizzazione)
 - (10% discontinuo)
 - (27% continuo)
 - 1,5% per trasporto di EPS all'utilizzatore
3. Energia esterna occorrente (incluso il trasporto)
 - 33 MJ per 1 Kg di EPS per il processo discontinuo.

Isolamento termico con EPS

Vengono ipotizzati esempi applicativi e dati di riferimento per avvallare l'importanza di incrementare l'utilizzo dell'EPS come materiale isolante nelle costruzioni.

Materiale EPS di riferimento :

densità 20Kg/m³

conducibilità $\lambda = 0,035$ W/mK

Resistenza termica di un componente ritenuto sufficiente a garantire un buon isolamento :

$R = 2,5$ m² K/W

Lo spessore relativo di EPS per soddisfare al valore sopra riportato risulta :

$R = t/\lambda \quad 2,5 = t/0,035$

$t = 8,75$ cm spessore di EPS

1 m² di superficie avrà un peso di:

$P = 8,75/100 \times 1 \times 20 \text{ Kg/m}^3 = 1,75 \text{ Kg.}$

Il consumo annuo di energia sarà :

$C = (\mu \times s \times D \times 24 \times 3,6)/h \text{ MJ/m}^2$

μ = trasmittanza termica elemento

a senza isolante 2,5 W/Km²

b con isolante 0,4 W/Km²

$s = 1 \text{ m}^2$

$D =$ gradi giorno 2100

$h = 0,85$ efficienza impianto

si otterrà :

$Ca = 533,65 \text{ MJ/m}^2\text{anno}$

$Cb = 85,38 \text{ MJ/m}^2\text{anno}$

Ipotizzando una vita dell'edificio di 50 anni, l'energia globale consumata sarà :

$Eb = 26682 \text{ MJ/m}^2 -$

$Ea = 4269 \text{ MJ/m}^2 =$

$\frac{22413 \text{ MJ/m}^2}{\quad}$ differenza di energia risparmiata

Per il riscaldamento viene fatto riferimento al combustibile gasolio con il seguente rapporto energetico :

1 Kg di gasolio = 42,6 MJ

La quantità di gasolio risparmiata isolando l'edificio sarà :

22413 MJ/m²

$\frac{22413 \text{ MJ/m}^2}{42,6 \text{ MJ/Kg}} = 526 \text{ Kg/m}^2$

42,6 MJ/Kg

La combustione di gasolio per riscaldamento produce sostanze che vanno in atmosfera. Queste possono essere sintetizzate nei 4 gruppi più importanti :

CO₂ 85 g/MJ

SO₂ 0,1 “

NOX 0,12 “

particolato 25 mg/MJ

Tali sostanze moltiplicate per la quantità di energia risparmiata nei 50 anni di funzionamento (ovvero 22413 MJ/m²) si ottiene la quantità globale di materiali che non saranno entrati in atmosfera :

CO₂ 1905,0 Kg

SO₂ 2,241 “

NOX 2,69 “

particolato 0,56 “

Inerzia termica

Regime variabile e inerzia termica

Le considerazioni usuali si basano sull'ipotesi di temperature dell'aria, interna ed esterna alle pareti, costanti nel tempo. In realtà le temperature esterne subiscono oscillazioni più o meno ampie, che in qualche modo si ripercuotono sulla temperatura interna. Tuttavia le relazioni si possono considerare corrette finché si considerano temperature medie giornaliere di un certo periodo dell'anno e si ha come scopo la valutazione delle dispersioni di calore medie del periodo; esse possono essere usate quale mezzo per dimensionare in modo sufficientemente prudenziale la trasmittanza delle varie parti dell'involucro dell'edificio, prendendo però come riferimento una temperatura minima annua del luogo, opportunamente definita. Quando il regime termico è variabile, il flusso termico entrante in un certo intervallo di tempo, differisce in generale da quello uscente; la differenza è costituita da energia che la parete accumula o cede come calore sensibile o, talvolta, di transizione di fase; questa variazione dell'energia interna attenua e ritarda l'effetto sul clima interno della variabilità esterna. La quantità di calore che viene messa in gioco in questo modo dipende in primo luogo dalla massa delle pareti ed è quindi opportuno, tenere in considerazione, ai fini del benessere ambientale, gli effetti del regime variabile, soprattutto nelle moderne costruzioni, in cui le esigenze di elevato isolamento non possono essere raggiunte che con materiali isolanti, che hanno masse estremamente ridotte. Il calcolo del comportamento di un edificio in regime variabile è complesso. La "Guida al controllo energetico della progettazione" del CNR/PFE e le sue appendici trattano diffusamente alcuni metodi, che considerano simultaneamente tutti i componenti dell'edificio, esterni ed interni (questi ultimi costituiscono spesso le masse più importanti). Questi metodi sono da prendere in considerazione particolarmente nei casi di costruzioni leggere, quindi con piccola capacità di accumulo di calore, e specialmente quando in esse è previsto il condizionamento estivo; questo, oltre ad essere più oneroso del riscaldamento invernale, a pari quantità di energia in gioco, deve anche fronteggiare oscillazioni di temperatura più ampie, per effetto della maggiore intensità del soleggiamento. Queste analisi sono necessarie anche quando si vuole sfruttare al massimo gli apporti gratuiti, come nei cosiddetti "sistemi solari passivi"; in essi la capacità termica dell'edificio è fondamentale per distribuire nell'arco della giornata l'energia raccolta durante poche ore. E' tuttavia utile in tutti i casi farsi un'idea dell'adeguatezza del singolo componente opaco della chiusura esterna, in particolare per quanto riguarda la risposta alle oscillazioni diurne della temperatura esterna, mediante una trattazione semplificata. In questa si ammette che l'oscillazione della temperatura dell'aria esterna, con periodo di 24 ore, abbia un andamento sinusoidale e si determina la riduzione di ampiezza v che l'onda termica subisce attraversando la parete e lo sfasamento h con il quale essa compare alla superficie di uscita.

Smorzamento e sfasamento dell'onda termica attraverso una parete.

Si definisce quindi inerzia termica dello strato il prodotto:

$$D = S \cdot R \text{ (adimensionale)}$$

della capacità di accumulo dello strato per la sua resistenza termica R .

Le relazioni che permettono di calcolare lo smorzamento e lo sfasamento dell'onda sono complesse e quindi si rimanda a specifiche trattazioni.

Come esempio si riportano alcuni dati relativi ai casi più reali per permettere un confronto dei diversi comportamenti.

Determinare smorzamento e sfasamento dell'onda termica giornaliera in condizione estiva (flusso discendente) di un solaio in cls (2000 Kg/m³), di 200 mm di spessore, da considerare struttura protetta per la presenza dell'impermeabilizzazione.

Si ottiene:

- smorzamento

$$v = 5,03$$

- sfasamento

$$h = 4,75 \text{ ore}$$

Poiché entrambi i valori sono da ritenere insoddisfacenti, si verifica il comportamento dello stesso solaio, cui sia applicato superiormente uno strato di EPS 30 di 50 mm di spessore.

E infine:

- smorzamento

$$v = 45,4$$

- sfasamento

$$h = 5,9 \text{ ore}$$

La riduzione di ampiezza dell'onda termica è elevatissima e lo sfasamento, anche se non è molto aumentato, è da ritenere accettabile. Se i due strati fossero invertiti, si otterrebbe invece $v=19,6$ e $h=5,2$ ore, con effetto inferiore.

I risultati sono da confrontare con quelli prescritti da alcune normative; la tabella seguente ne dà un esempio (Norma DDR-Standard TLG 10686):

Smorzamento minimo v (adim.)		Sfasamento minimo η (ore)	
• Copertura senza intercapedine	25	• Copertura	10 - 12
• Copertura con intercapedine	15	• Pareti esposte da N a E	6 - 7
• Parete senza intercapedine	15	• Pareti esposte da SE a S	8
• Parete con intercapedine	12	• Pareti esposte da SO a O	8 - 10

Anche la Circolare n° 3151 del 22.5.67 del Ministero dei Lavori Pubblici, collegando massa e trasmittanza delle pareti, teneva conto in qualche modo della loro inerzia termica e le sue indicazioni, riportate nella tabella seguente, possono ancora dare qualche elemento di valutazione per le costruzioni in muratura.

Pareti verticali						
Massa (Kg/m ²)	20	50	100	200	300	400 e
Trasmittanza (W/m ² K)	0,50	0,71	0,94	1,26	1,57	oltre 1,62
Pareti orizzontali o inclinate						
Massa (Kg/m ²)	20	50	100	200	300	400 e
Trasmittanza (W/m ² K)	0,35	0,52	0,70	0,94	1,16	oltre 1,33

Umidità e condensa

Umidità e condensa

L'isolamento termico degli edifici è negativamente influenzato dall'umidità. Questa può provenire sia dall'esterno (pioggia, neve, aria umida, suolo), sia dall'interno (umidità propria delle nuove costruzioni, perdite di condotti vari e soprattutto produzione da parte degli occupanti e in relazione alla loro attività di cucina e pulizia : si valuta che per ogni persona si producono 2-4 Kg/giorno di vapore d'acqua). La maggior parte dei materiali da costruzione ha grande affinità per l'acqua, che può penetrarvi sia come liquido per capillarità, sia come vapore per effetto di differenze di pressione di vapore. La presenza dell'acqua può alterare prestazioni importanti delle pareti, come la durata, la resistenza strutturale, il grado di isolamento, le finiture superficiali. Fra i materiali isolanti specifici l'EPS è a questo riguardo in una posizione fra le migliori, per la sua bassissima capacità di assorbimento d'acqua, ed è perciò particolarmente consigliabile in ogni situazione ; tuttavia è sempre necessario studiare il comportamento della parete nel suo complesso nei confronti dell'umidità. Per quanto riguarda l'effetto diretto sull'isolamento, la presenza di acqua liquida aumenta la conduttività apparente, per la conduzione vera e propria dell'acqua (25 volte quella dell'aria) e per convezione, oltre che per diffusione del vapore con evaporazioni e condensazioni successive. Il fenomeno è quindi molto complesso e in pratica se ne tiene conto maggiorando la conduttività dei materiali. Il fenomeno più pericoloso è quello della condensazione interna (ancor più pericoloso se seguito da gelo) o superficiale ; il suo studio richiede alcune conoscenze sulle caratteristiche dell'aria umida. L'aria contiene sempre vapore d'acqua ; la quantità di questo, espressa in g per Kg (o per m³) di aria secca, si dice umidità assoluta. Questa quantità ha un limite, tanto più elevato, quanto più alta è la temperatura. Quando tale limite viene raggiunto, l'aria si dice satura di vapore. La figura 1 mostra l'andamento della quantità di vapore di saturazione al variare della temperatura. In queste condizioni al vapore contenuto nell'aria compete una ben definita porzione p_s (Pa) della pressione atmosferica, detta pressione parziale di saturazione. Normalmente però l'umidità assoluta contenuta nell'aria è soltanto una frazione j di quella a saturazione e quindi anche la pressione parziale p del vapore è una frazione j di quella di saturazione :

$$p = j p_s \quad (\text{Pa}) \quad (36)$$

La frazione j viene solitamente espressa in % e chiamata umidità relativa (U.R.) dell'aria. Se la temperatura dell'aria non satura viene abbassata, si giunge ad una temperatura, t_s detta temperatura di saturazione o temperatura di rugiada, alla quale il contenuto, e quindi la pressione di vapore dell'aria, corrisponde al limite di saturazione.

L'aria interna a 20°C e 70% U.R. (condizione che viene presa di solito come termine di riferimento in edilizia) comincia a formare condensa superficiale su pareti con temperature superficiali di 14,4 °C. Il grafico di figura 1 può aiutare a quantizzare l'entità del fenomeno. La determinazione delle condizioni in cui possono avvenire la condensazione superficiale sulla parete e la condensazione interna, sono i due problemi ad esaminare, con considerazioni diverse per i due casi.

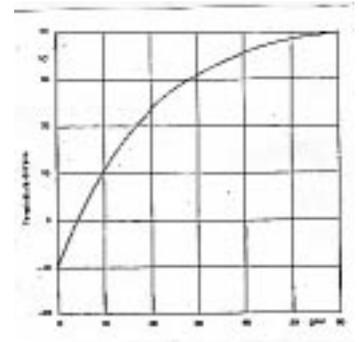


Figura 1 - Umidità assoluta e saturazione

Condensazione superficiale

La verifica delle condizioni di condensazione superficiale sono da ricondurre alla determinazione della temperatura t_p della superficie interna della parete. Per la parete piana indefinita, si potrà scrivere : $h_i (t_i - t_p) = K (t_i - t_e)$ e quindi: $t_p = t_i - K (t_i - t_e) \text{ (}^\circ\text{C)}$

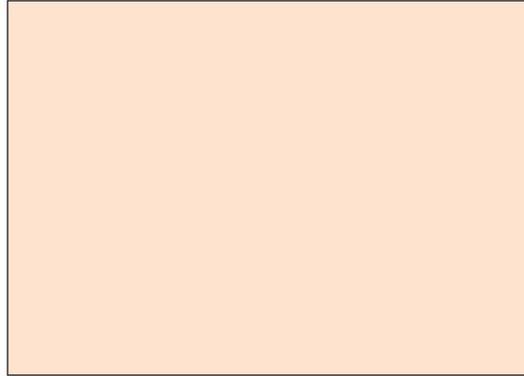


Figura 2

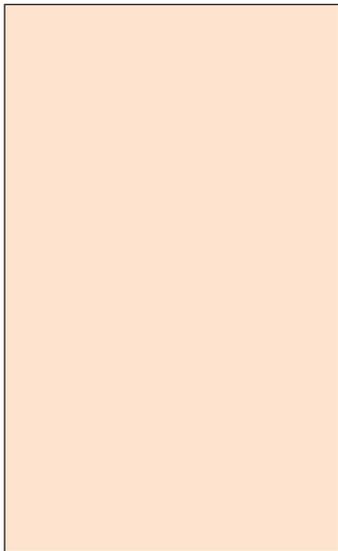


Figura 3

In ogni caso la condizione di condensazione si verificherà ogni volta che la temperatura di saturazione t_s è superiore a quella superficiale t_p : $t_s > t_p \text{ (}^\circ\text{C)}$

In linea di massima le condizioni cui ci si riferisce sono quelle riportate precedentemente, ma per alcuni locali (bagni, cucine, lavanderie, ecc.), può essere opportuno considerare condizioni diverse, specialmente di umidità relativa, e quindi di temperatura di saturazione. In presenzadi modeste quantità di condensazione, questa può non essere percepita come tale se la finitura interna, come gli intonaci ordinari o le tappezzerie di carta, è porosa e quindi assorbente. Tuttavia tale condensa è sufficiente a fissare sulla superficie la polvere, che col tempo farà apparire il disegno di tutte le zone più fredde (angoli, contorni di finestre, travetti dei solai a pignatte, ecc.). Nei casi più consistenti, su questo substrato si formano muffe, che, oltre ad aggravare il degrado estetico, iniziano quello fisico della superficie (sfarinature, distacchi, decomposizione di tappezzerie, ecc.) e compromettono sia l'igiene che il benessere ambientale. A parte meritano di essere ricordati i fenomeni di condensa superficiale legati a meccanismi di ventilazione. Un caso è costituito dalla condensazione estiva su pareti più fredde dell'aria ambiente, a causa della loro inerzia termica e di scarse possibilità di scambio ; è il caso degli scantinati, e di edifici antichi con muri pieni di grosso spessore. Un isolamento applicato all'interno risolve questo problema. Un altro caso è offerto dalla presenza di giunti dell'involucro non a tenuta. Per effetto della sovrappressione normalmente esistente all'interno, attraverso queste fessure escono quantità apprezzabili di aria, che si raffredda e condensa nella fessura.

Condensazione interna

La condensazione interna di una parete dipende dalle leggi che governano il processo di diffusione del vapore attraverso la parete. In una trattazione semplificata si ammette che la quantità di vapore i che nell'unità di tempo attraversa l'unità di superficie di una parete, espressa quindi in $\text{Kg/m}^2 \text{ s}$ è proporzionale alla differenza (in Pa) della pressione di vapore $p_i - p_e$ fra le due facce della parete e ad un coefficiente d caratteristico del materiale, detto permeabilità, espresso in Kg. M/Ns , e inversamente proporzionale allo spessore s (m) della parete.

$$I = d (p_i - p_e) (\text{Kg/m}^2\text{s})$$

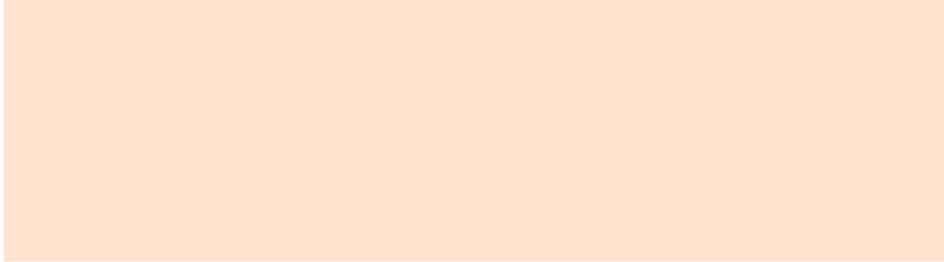
Viene proposto un esempio.

- Clima esterno $t_e = 0^\circ\text{C}$, 70%U.R. ; $p = 428 \text{ Pa}$; $4,84 \text{ g vap./m}^3$

- Clima interno $t_i = 20^\circ\text{C}$, 60% U.R. ; $p = 1404 \text{ Pa}$; $17,29 \text{ g vap./m}^3$

- Fenditura profonda 100 mm e lunga 1 m.

Quantità di vapore d'acqua in g/h trasportata attraverso la fenditura in funzione della differenza di pressione Dp dell'aria fra interno ed esterno.



La differenza di pressione Dp di 2 Pa può essere provocata da un debole vento di 1 m/s. Per confronto la quantità di vapore che passerebbe per diffusione in aria ferma per effetto della differenza di pressione parziale del vapore 8(976 Pa) è di 0,0006 g/h per la fenditura da 1 mm e di 0,03 g/h per quella da 5 mm.

La relazione è quindi formalmente analoga a quella che governa la trasmissione del calore per conduzione attraverso una lastra piana. Chiamata allora “resistenza alla diffusione del vapore” la quantità $r = s/d$, si può scrivere :

$$i = (p_i - p_e) / r \quad (\text{Kg/m}^2\text{s})$$

Nella pratica, invece della permeabilità d dei singoli materiali, si preferisce riferirsi al rapporto adimensionale fra la permeabilità dell'aria e quella del materiale (m). La permeabilità dell'aria è funzione della temperatura, ma per temperature medie della parete intorno a 10°C si può assumere, secondo DIN 4108 (passando da secondi a ore come unità di tempo).

$$1/d \text{ aria} = 1,5 \cdot 10^6 \quad \text{Pa.m.h/Kg}$$

Il prodotto ms può quindi essere visto come lo spessore d'aria equivalente, ai fini del passaggio di vapore, alla resistenza offerta dalla parete o dal singolo strato.

La condensazione è tollerabile se la quantità di acqua che si ferma nella parete in una stagione invernale può diffondersi di nuovo all'esterno nella successiva stagione estiva. Per verificare ciò si calcola il flusso di vapore per le condizioni medie stagionali e lo si moltiplica per il numero H di ore della stagione. Per notizie più dettagliate si rimanda a testi più specifici.

Comfort ambientale

Il benessere abitativo è ormai una esigenza irrinunciabile ; il suo ottenimento con il minimo costo energetico e finanziario è un obiettivo che vale sempre la pena di perseguire e che spesso è una necessità, sia personale che collettiva (e quest'ultima si converte spesso in un obbligo di legge). Il raggiungimento di valide soluzioni è questione complessa, che coinvolge la comprensione dei fattori biologici e fisici che condizionano la sensazione di benessere, dei fenomeni climatici, di quelli di scambio termico e igrometrico e di ricambio d'aria attraverso l'involucro dell'edificio, nonché la considerazione dell'effetto delle attività degli utenti e delle azioni (impianto e sua gestione) di questi ultimi per ottenere le condizioni interne desiderate. E' però intuitivo che il primo posto fra questi fattori deve essere in definitiva riservato allo scambio energetico che ha luogo attraverso l'involucro; in effetti è controllando questo scambio che si può raggiungere il risparmio energetico ed è questa infatti anche la via principale perseguita dalle normative in tutti i paesi. Anche così limitato, il campo è ancora molto complesso ed è di spettanza degli specialisti. E' tuttavia desiderabile che sia il committente di un lavoro edile, sia il progettista, sia i tecnici di cantiere, conoscano almeno i principi fisici che stanno alla base dei fenomeni di trasmissione del calore nelle costruzioni, per potere impostare nella giusta direzione le proprie scelte e disporre di un valido criterio nell'operare. Sarà così più facile anche valutare l'opportunità dell'intervento dello specialista, agevole la comprensione reciproca e minore il rischio di dover stravolgere un progetto, o disfare il già fatto a seguito dello studio specialistico. Questa informazione di base è possibile se si accettano alcune approssimazioni. Se queste vengono ben tenute presenti, così da far uso dei principi elementari nelle situazioni appropriate (che sono poi la maggioranza di quelle che si presentano in edilizia), tali principi sono anche sufficienti a fornire quelle dimostrazioni di conformità alle prescrizioni che la normativa richiede.

Il benessere ambientale

Il benessere ambientale è lo scopo primario, per ottenere il quale si cerca di controllare i processi di scambio termico e igrometrico fra l'interno e l'esterno dell'edificio. E' quindi di importanza preliminare definirlo e comprendere i fattori che lo influenzano, in modo particolare quelli legati alle caratteristiche dell'involucro dell'edificio. Il benessere ambientale può essere definito (ASHRAE Standard 55-74) come "atteggiamento mentale di soddisfazione per l'ambiente dal punto di vista termico". I fattori che influenzano questo atteggiamento sono molteplici : temperature dell'aria e delle superfici che circondano l'individuo, umidità, velocità dell'aria, tipo di abbigliamento, tipo di attività fisica svolta, ecc... Per produrre tale atteggiamento deve sussistere una situazione di equilibrio fra i fattori sopra ricordati. La figura 1 mostra il tipo di correlazione che esiste fra di essi ; si può verificare, p.es., che per un adulto con normale abbigliamento invernale da interno, che svolge un lavoro limitato, la temperatura di benessere è intorno a 20°C. Questa temperatura non può peraltro identificarsi con la temperatura dell'aria dell'ambiente, perché gli scambi di calore del corpo avvengono anche direttamente per radiazione con le pareti dell'ambiente ; se queste sono molto più fredde dell'aria, ciò che avviene in inverno per pareti e-

sterne poco coibenti, la sensazione di benessere si ottiene soltanto se la temperatura dell'aria è sensibilmente più elevata.



Figura 1

Condizioni medie di benessere ambientale per vari livelli di attività e vari tipi di abbigliamento (0 Clo : nudo ; 0,5 Clo : leggero estivo; 1 Clo : invernale per interni ; 1,5 Clo : pesante da lavoro ; 3-5 Clo : tenute polari), con aria a 0,1 m/s. (da Marsh : Thermal Insulation and Condensation).

Per tenere conto di ciò, la temperatura che viene presa come parametro per la valutazione del benessere ambientale è una temperatura fittizia t_0 , detta temperatura operante, che solitamente è espressa come media fra la temperatura dell'aria t_a e la media ponderale delle temperature superficiali delle pareti del locale, detta appunto temperatura media radiante t_{mr} :

$$t_0 = \frac{t_a + t_{mr}}{2} \quad (^\circ\text{C})$$

E' evidente quindi l'importanza delle temperature delle superfici interne dell'involucro edilizio ai fini del benessere ambientale, anche indipendentemente da considerazioni di risparmio energetico. Anche molte patologie edilizie sono in relazione a queste temperature e il presente libro vi dedica particolare attenzione.

Il clima

Le condizioni di benessere ambientale all'interno di un edificio devono esser tenute a fronte di un clima variabile; questo è il fattore che maggiormente influenza l'entità degli scambi energetici fra interno ed esterno dell'edificio ; la sua conoscenza è quindi il presupposto di ogni progettazione e gestione dell'edificio energeticamente consapevole. La situazione climatica può essere descritta, per le applicazioni edilizie, per mezzo di alcune grandezze meteorologiche :

- temperatura dell'aria
- umidità dell'aria
- radiazione solare
- radiazione atmosferica
- velocità e direzione del vento
- precipitazioni.

Alcune di esse (temperatura, radiazione, vento) influenzano direttamente lo scambio di energia con l'interno, che, per la parte che avviene attraverso i componenti opachi, è l'oggetto di questo

libro. Temperatura, umidità, vento, precipitazioni, danno luogo a scambio di massa (rinnovo d'aria, migrazione di umidità), con conseguenti scambi di energia ; il libro si occupa soltanto delle migrazioni di umidità attraverso i componenti opachi, essendo il rinnovo d'aria dipendente piuttosto dalla costituzione e gestione dei serramenti. Di queste grandezze si dispone ora anche in Italia di un'ampia raccolta critica (CNR/PFE "Dati climatici per la progettazione edile ed impiantistica") sotto forma di dati orari per i mesi del così detto "anno tipo", per numerose località italiane. Questi dati sono indispensabili per le simulazioni più raffinate, ma correntemente si usano piuttosto alcuni parametri climatici derivati. Il primo fra questi è la temperatura esterna invernale di progetto (t_{eip}) ; la potenza massima dell'impianto di riscaldamento di un edificio viene posta uguale ai disperdimenti termici per trasmissione e ventilazione nell'unità di tempo, in considerazioni di regime stazionario, in assenza di radiazione solare e con la temperatura esterna pari a quella invernale di progetto, che in Italia è fissa nella norma UNI 5364. Altro parametro relativo al comportamento invernale è quello, proporzionale al fabbisogno di energia di un edificio per un certo periodo, definito con G e chiamato gradi giorno; esso è la somma, estesa a N giorni (che può essere il periodo di riscaldamento di un anno o altra durata, p.es. mese), della differenza fra una temperatura interna di riferimento t_r e la temperatura esterna media t_e del giorno.

Dato il fine del parametro, la temperatura t_r , è inferiore di qualche grado alla temperatura interna t_i ; si tiene conto così approssimativamente, degli apporti gratuiti di energia all'edificio (sole, occupanti, illuminazione, elettrodomestici). Nella nostra legislazione anche l'entità dell'isolamento è correlata ai gradi-giorno della località, perché esso è tanto più giustificato economicamente, quanto più elevato è il salto termico fra interno ed esterno che causa il consumo di energia per il riscaldamento. E' per tale motivo che la Legge 10 fissa, sia i gradi giorno G che la durata N del periodo di riscaldamento per ciascuna località. Questi tre parametri (t_{eip} , G, N) sono sufficienti, dal punto di vista climatico, per i calcoli richiesti dal citato D.P.R., ma per qualche analisi particolare, senza ricorrere ai dati orari sopra ricordati, è utile qualche altro parametro, in particolare per quanto riguarda gli scambi per irraggiamento dell'edificio con l'esterno. Appunto per tener conto in maniera semplificata dell'effetto dei fenomeni radiativi sulle pareti opache, è stata introdotta la temperatura sole-aria t_{sa} , definita come quella temperatura dell'aria esterna tale da provocare uno scambio termico convettivo fra l'aria e la parete uguale a quello causato effettivamente dall'aria, dalla radiazione solare e dalla radiazione infrarossa della parete. La sua espressione verrà analizzata più avanti.

Il bilancio termico dell'edificio e il risparmio energetico

Il mantenimento del benessere ambientale può essere ottenuto, in condizioni di clima variabile, soltanto con un intervento attivo di apporto o di asportazione di calore, che riporti in pareggio il bilancio energetico dell'edificio al livello termico interno voluto. Poiché questo intervento è costoso, si cerca di minimizzarlo in tre modi principali :

- riducendo al minimo gli scambi termici con l'esterno;
- cercando il massimo rendimento nella produzione e distribuzione del calore (p.es. caldaie ad alto rendimento) ;
- sfruttando al meglio gli apporti energetici gratuiti, in primo luogo l'energia solare, ciò che può essere fatto in maniera attiva, con soluzioni impiantistiche, o passiva, seguendo i suggerimenti della "architettura solare".

Mentre quest'ultimo modo viene preso in considerazione soltanto in qualche caso, il secondo e soprattutto il primo devono essere sempre considerati, sia nella progettazione di nuovi edifici, in cui la limitazione delle dispersioni termiche è imposta dalla legge, sia negli interventi sull'esistente, in cui più spesso soltanto considerazioni economiche consigliano di provvedere ad una riduzione delle dispersioni termiche.

A questo fine è fondamentale la comprensione, almeno nei principi di base, dei meccanismi di trasmissione del calore attraverso l'involucro opaco dell'edificio, che rappresentano sempre la voce più importante del suo bilancio termico.

Calore e temperatura

Il calore è la forma sotto cui si trasmette l'energia in un sistema fisico a causa di una distribuzione non uniforme della temperatura. Esso è misurato in Joule (J), come l'energia meccanica, elettrica, ecc..

La parte di sistema che cede calore si dice che è a temperatura maggiore; quella che lo riceve è a temperatura minore. Si possono quindi misurare soltanto differenze di temperatura, la cui unità di misura è il Grado Kelvin (K), definito come la centesima parte della differenza di temperatura fra acqua bollente e ghiaccio fondente (a pressione atmosferica). La differenza di temperatura fra un corpo e il ghiaccio fondente è detta correntemente temperatura del corpo e si misura in gradi centigradi o Celsius (°C). Si dimostra in fisica che esiste un limite inferiore a tutte le temperature raggiungibili; questo limite è a $-273,16^{\circ}\text{C}$ e viene detto zero assoluto. La differenza di temperatura fra un corpo e lo zero assoluto è detta temperatura assoluta e viene indicata ancora in gradi Kelvin; la sua relazione con la temperatura centigrada è pertanto $t(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,16$

In generale in un sistema la temperatura è funzione sia della posizione che del tempo. Se la temperatura non varia nel tempo si dice che il sistema è in regime stazionario. Se nell'unità di tempo la quantità di calore φ attraversa una superficie unitaria, φ (in $\text{J/s} \cdot \text{m}^2 = \text{W/m}^2$) è detto flusso termico; in regime stazionario φ è costante nel tempo e quindi nell'intervallo di tempo Δt la superficie sarà attraversata dalla quantità di calore

$$Q = \varphi \Delta t \quad (\text{J})$$

Il calore che deve essere fornito (o asportato) da un corpo per alzarne (o abbassarne) la temperatura, si chiama calore sensibile. La quantità necessaria per variare di 1K la temperatura di 1 Kg del corpo si chiama calore specifico del corpo e si misura in $\text{J/Kg} \cdot \text{K}$. Se questa quantità è riferita all'unità di volume (m^3), prende il nome di capacità termica volumica, si misura in $\text{J/m}^3 \cdot \text{K}$ ed è il prodotto del calore specifico per la massa volumica (Kg/m^3) del corpo. L'Appendice 1 riporta i valori di queste grandezze per i materiali più usati in edilizia. Se durante il processo di fornitura (o asportazione) di calore al corpo, questo giunge alla temperatura alla quale passa dallo stato solido a quello liquido o dal liquido al gassoso, o viceversa (cambiamento di fase), continuando a fornire (o asportare) calore, la temperatura si stabilizza a quel livello, finché il cambiamento di fase non è completo. Il calore che deve essere fornito (o asportato) a 1kg del corpo per un cambiamento di fase si chiama calore latente di fusione o di vaporizzazione del corpo e si misura in J/kg . Il solo materiale che, nelle costruzioni, è interessato a questi passaggi di stato è l'acqua; il suo calore di fusione è pari a 80 volte il suo calore specifico e quello di vaporizzazione è 540 volte il calore specifico. In generale i calori latenti sono sempre molto più grandi dei calori specifici; per questo negli ultimi tempi hanno acquistato un certo interesse alcuni materiali, detti appunto materiali a transizione di fase (MTF), che attuano il passaggio da solido a liquido e viceversa in prossimità della temperatura ambiente e pertanto, inseriti nelle strutture edilizie, ne aumentano notevolmente la capacità termica, senza aumentarne molto la massa. Molte caratteristiche fisiche sono influenzate dalla temperatura; oltre quelle legate al trasporto del calore, che verranno esaminate in particolare, per i materiali e nel campo di temperature che interessano l'edilizia, la caratteristica più importante legata alla temperatura è il coefficiente di dilatazione lineare, che, espresso in $\text{m/m} \cdot \text{K}$ (cioè K^{-1}), indica la variazione di lunghezza del corpo 1 m, per una variazione di temperatura di 1 K.

Modo di propagazione del calore

Si possono distinguere tre modi di propagazione del calore:

- conduzione
- convezione
- irraggiamento.

Nella quasi totalità dei fenomeni termici i tre modi coesistono, ma è possibile, e nelle applicazioni edilizie se ne fa un uso molto esteso, ottenere risultati quantitativamente equivalenti anche facendo l'ipotesi che la propagazione avvenga soltanto in due o anche uno solo dei modi (di solito la conduzione). Si dovranno però sempre tenere presenti i limiti di queste e altre semplificazioni impiegate.

Conduzione

Si chiama conduzione il modo di trasmissione del calore per cui esso si propaga senza trasporto di materia. Il fenomeno è dovuto allo scambio di energia di vibrazione fra atomi e molecole, e, nei gas, anche ad urti fra le molecole; nei buoni conduttori elettrici si aggiunge lo spostamento degli elettroni liberi.

Il caso più semplice e fondamentale per la definizione delle grandezze del fenomeno è quello, ideale, della lastra piana indefinita, di materiale solido, omogeneo, isotropo, in regime stazionario.

Se una lastra così fatta, di spessore s (m) viene mantenuta a due temperature diverse ma uniformi e costanti sulle due facce, il flusso di calore ϕ per unità di area (m^2) è perpendicolare alle facce (conduzione monodimensionale) ed è direttamente proporzionale alla differenza di temperatura ($t_1 - t_2$) fra le due facce e inversamente proporzionale allo spessore s :

$$\phi = \lambda \frac{t_1 - t_2}{s} \quad (W/m^2)$$

Il fattore di proporzionalità λ , che si esprime in $W/m \cdot K$, si chiama conduttività termica del materiale ed è il parametro principale per caratterizzare il comportamento del materiale dal punto di vista della trasmissione del calore. Dalla linearità della equazione deriva che anche la variazione di temperatura da $t_1 - t_2$ è lineare lungo lo spessore della parete.

Resistenza termica

Se si pone $\lambda/s = C = 1/R$ ($W/m^2 \cdot K$)

la relazione si può scrivere

$$\phi = C (t_1 - t_2) = \frac{t_1 - t_2}{R} \quad (W/m^2)$$

Il flusso ϕ corrisponde alla corrente elettrica, la differenza di temperatura a quella di tensione e le grandezze C ed R alla conduttanza e alla resistenza del circuito elettrico. Seguendo l'analogia, la grandezza C , che si esprime in $W/m^2 \cdot K$, viene chiamata conduttanza termica unitaria e la grandezza R , inversa della precedente, espressa quindi in $m^2 \cdot K/W$, viene chiamata resistenza termica unitaria interna.

Poiché il flusso termico incontra queste resistenze in serie, la resistenza complessiva sarà:

$$R = R_1, R_2 \dots R_n \quad (m^2 K/W)$$



Figura 2



Figura 3

Per l'intera parete, dette t_{1-2} , t_{2-3} , ecc. le temperature alle diverse interfacce, si ha:

$$\varphi = \frac{t_1 - t_{1-2}}{R_1} = \frac{t_{1-2} - t_{2-3}}{R_2} \dots = \frac{t_1 - t_2}{R} \quad (\text{W/m}^2)$$

Il salto di temperatura fra le facce di ciascun strato è quindi proporzionale alla sua resistenza termica.

Convezione

Si ha convezione quando (limitandoci al caso che interessa in edilizia) lo scambio di energia fra una parete e l'aria che la lambisce avviene per effetto del movimento dell'aria. Se il moto dell'aria è dovuto soltanto a differenze di densità, dipendenti a loro volta da differenze di temperature nell'aria stessa, si ha convezione naturale; è il caso di una parete calda (p.es. perché irraggiata dal sole) o di un elemento di un impianto di riscaldamento, che creano una corrente ascensionale di aria, o di una parete fredda, p.es. una finestra, con corrente discendente. Se il moto dell'aria è dovuto a cause esterne, si ha convezione forzata; un esempio è l'aria mossa dal vento, che lambisce l'esterno di un edificio. I due tipi di convezione spesso coesistono. Si ammette che l'aria a contatto della parete sia ferma; esiste poi una zona, detta strato limite, di spessore variabile nella direzione del moto, nel quale la velocità dell'aria cresce da zero al valore di regime. Se aria e parete sono a temperatura diversa, si ha passaggio di calore attraverso lo strato limite; la sua entità dipende non soltanto dalle caratteristiche termofisiche dell'aria, ma anche dal tipo di strato limite; in particolare se lo strato limite è laminare, i filetti fluidi non si mescolano fra di loro e il trasporto del calore è dovuto alla conduttività dell'aria, che è molto bassa; se lo strato limite è turbolento si ha invece anche scambio propriamente convettivo, dovuto al trasporto di massa perpendicolare alla corrente d'aria. Si comprende quindi come sia difficile arrivare ad una espressione analitica degli scambi termici per convezione; nelle applicazioni edilizie si impiegano di solito espressioni semplificate, in cui il flusso termico fra parete e aria viene considerato proporzionale alla differenza di temperatura ($t_p - t_a$) fra parete e aria, con espressioni del tipo:

$$\varphi_c = \alpha_c (t_p - t_a) \quad (\text{W/m}^2) \quad \text{dove } \alpha_c, \text{ chiamato conduttanza limitare unitaria}$$

Irraggiamento

Si dice irraggiamento il trasporto di energia sotto forma di radiazione elettromagnetica. Tutti i corpi emettono energia in questo modo; per temperature vicine a quella ambiente la radiazione è emessa quasi totalmente su lunghezze d'onda corrispondenti all'infrarosso e quindi non è visibile; al crescere della temperatura aumenta la quantità di radiazione emessa e il suo massimo si sposta verso lunghezze d'onda più corte; alla temperatura della superficie del sole (~6000 K), la maggior parte della radiazione è nel campo di lunghezze d'onda cui è sensibile l'occhio umano. Per le applicazioni edilizie interessa in particolare studiare l'emissione e l'assorbimento di radiazione da parte di una superficie solida. Il flusso globale di energia emesso per irraggiamento da 1 m² di superficie alla temperatura assoluta T (K) è dato dalla relazione (di Stephan Boltzmann)

$$\varphi = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4 \quad (\text{W/m}^2)$$

Il coefficiente e si chiama emissività globale emisferica del corpo e dipende dalle caratteristiche e dalla temperatura della sua superficie; è compreso fra 1 (corpo nero) e 0.

Così definita, l'emissività si riferisce alla radiazione di tutte le lunghezze d'onda emesse in tutte le direzioni. Essa può essere peraltro diversa nelle varie direzioni e per le diverse lunghezze d'onda, per cui può essere necessario parlare di emissività monocromatica e di emissività direzionale. La radiazione incidente su una superficie opaca viene in parte assorbita (trasformata in calore sensibile) e in parte assorbita (trasformata in calore sensibile) e in parte riflessa. In condi-

zioni di equilibrio la frazione a del flusso di una certa lunghezza d'onda, incidente secondo una certa direzione, è tale che essa è uguale all'emissività e relativa a quella lunghezza d'onda e a quella direzione, cioè $a = e$.

Per molte superfici che si incontrano in pratica si può peraltro affermare che questa relazione è indipendente dalla lunghezza d'onda e dalla direzione (ma non dalla temperatura); si parla allora di superfici grigie.

Il bilancio netto dello scambio fra due superfici piane e parallele, indefinite, a temperature T_1 e T_2 (K) e con emissività e_1 ed e_2 , è un flusso di energia dalla superficie a temperatura T_1 più elevata all'altra:

$$\phi = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot e (T_1^4 - T_2^4) \quad (\text{W/m}^2)$$

dove e è dato ora da

$$e = 1 / (1/e_1 + 1/e_2 - 1)$$

Convenzione e irraggiamento accoppiati

Lo scambio di calore fra una parete e l'ambiente circostante avviene per convezione e per irraggiamento; i due flussi si sommano:

$$\phi = \phi_c + \phi_r = ac (t_p - t_a) + ar (t_p - t_c) \quad (\text{W/m}^2)$$

dove t_p è la temperatura della parete, t_a quella dell'aria nelle vicinanze e t_c quella della superficie (o media delle superfici) con cui la parete scambia per radiazione. Se, come spesso si può fare nelle applicazioni edilizie, e lo si fa quasi sempre in prima approssimazione, si può ammettere che t_c sia quasi uguale a t_a , si può scrivere ancora più semplicemente:

$$\phi = (ac + ar) (t_p - t_a) = h (t_p - t_a) \quad (\text{W/m}^2)$$

Il coefficiente h , che tiene conto degli scambi liminari sia per convezione che per irraggiamento, si chiama adduttanza unitaria e si esprime in $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. Il suo inverso $1/h$, si chiama resistenza termica superficiale unitaria. La norma UNI 7357 fissa i valori di h e $1/h$ da usare nei calcoli.

Trasmittanza

Avendo visto come ridurre all'espressione di una resistenza tutti i processi che si oppongono al passaggio del calore dall'aria che si trova da una parte di una parete a quella che si trova dall'altra parte, è facile quantificare il fenomeno complessivo, semplicemente aggiungendo alla somma delle resistenze interne R dei vari strati della parete, le resistenze superficiali che competono alle due facce. Questa somma si chiama resistenza termica unitaria della e si esprime in $\text{m}^2 \text{K/W}$. Il suo inverso, che si suole indicare con la lettera K e si esprime in $\text{W/m}^2\text{K}$ si chiama trasmittanza unitaria o coefficiente globale di trasmissione ed è la grandezza più usata per caratterizzare il comportamento della parete dal punto di vista della trasmissione del calore.

Si avrà dunque:

$$1/K = 1/h_i + R + 1/h_e \quad (\text{m}^2\cdot\text{K/W})$$

dove per i valori di R dei singoli strati si userà l'espressione precedente, se questi sono omogenei.

Il flusso termico sarà poi dato da:

$$\phi = K (t_i - t_e) \quad (\text{W/m}^2)$$

e si potrà scrivere anche

$$\phi = \frac{t_i - t_e}{\frac{1}{h_i} + \frac{t_{p1} - t_{1-2}}{R_1} + \frac{t_{1-2} - t_{2-3}}{R_2} + \frac{t_{pe} - t_e}{1/h_e}} \quad (\text{W/m}^2)$$

La relazione mette in evidenza l'esistenza di un salto termico ($t_i - t_{p1}$) fra aria interna e superficie interna della parete e ($t_{pe} - t_e$) fra superficie esterna e aria esterna. Ciò è importante in parti-

colare per valutare, dalla temperatura superficiale interna t_{pi}, l'eventuale pericolo di condensazione di umidità sulla parete.

Pareti con flusso termico non unidirezionale (ponti termici)

La condizione di flusso unidirezionale sopra considerata non può essere ottenuta se non in porzioni limitate dell'involucro edilizio. Le condizioni di flusso bi - o tridimensionale che si presentano possono essere classificate in tre gruppi:

- parti di parete adiacenti con trasmittanza molto diversa;
- strutture non piane, come angoli e intersezioni;
- superfici con resistenza superficiale diversa.

Le conseguenze di queste situazioni, che possono presentarsi anche in combinazione, sono sempre :

- aumento del flusso termico rispetto alle parti correnti dell'involucro, da cui il nome di ponti termici ;
- abbassamento della temperatura superficiale interna rispetto alle parti correnti, con possibilità di condense locali di umidità e conseguente degrado.

Corrispondentemente si hanno due problemi di valutazione dei ponti termici: flusso termico e temperatura, che si esaminano separatamente. I problemi posti dalla presenza dei ponti termici sono una costante delle costruzioni moderne, caratterizzate da molte eterogeneità; in più l'elevata produzione di vapore acqueo e il limitato ricambio d'aria oggi usuali, fanno sì che i fenomeni di condensa e le patologie edilizie conseguenti siano frequentissimi.

Il flusso termico attraverso le strutture con ponti termici

La determinazione, sia analitica che sperimentale, dei flussi che attraversano i ponti termici sarebbe troppo onerosa per la progettazione ordinaria. La procedura che si segue si basa invece sull'uso di valori tabellari, derivati in generale da complesse calcolazioni, con le quali si analizza la struttura dopo averla scomposta idealmente in un gran numero di parti omogenee (metodo degli elementi finiti), i cui risultati vengono confermati con delicate misure di laboratorio. Poiché le concentrazioni di flusso si riscontrano in punti singolari o lungo linee di contorno delle parti correnti (angoli, intersezioni, contorno di aperture), il concetto di base del metodo è quello di aggiungere al flusso della parte corrente un flusso supplementare, di cui le tabelle danno il valore in numerosi casi, per ogni ponte termico localizzato o per ogni unità di lunghezza di ponte termico lineare.

Benessere abitativo

Il benessere (o comfort) abitativo, che è richiesto oggi è decisamente superiore a quello (previsto o casuale) disponibile nella quasi totalità degli ambienti di costruzione meno recente. Per quanto riguarda l'aspetto igrotermico, che di solito è il principale, le sue componenti sono oggi meglio conosciute e in particolare è stata messa in evidenza, accanto alle caratteristiche dell'aria dell'ambiente (temperatura, umidità, velocità), l'importanza della temperatura della superficie delle pareti del locale, perché non è trascurabile la componente di scambio termico fra una persona e l'ambiente dovuta all'irraggiamento fra il corpo e le superfici del locale (Fig. 4). Ciò si esprime in modo approssimato considerando come parametro del benessere abitativo non la temperatura dell'aria del locale, ma la media (detta temperatura operante), fra questa e la temperatura media delle superfici (detta temperatura media radiante). Per avere la stessa sensazione di be-

nessere in un locale con pareti più fredde occorre quindi mantenere una temperatura dell'aria più elevata (e ogni grado in più significa mediamente il 7% in più di dispendio di energia calorifica), ovvero, se la temperatura dell'aria è limitata a 20 °C, come è per legge nelle abitazioni, in presenza di pareti molto fredde la condizione di benessere non potrà essere raggiunta. Si deve poi riconoscere che non conta soltanto la temperatura media delle superfici, ma può influire negativamente anche la temperatura più bassa della media di alcune zone limitate delle superfici stesse, che si trovano in corrispondenza di sezioni dell'involucro caratterizzate da una resistenza termica particolarmente bassa (ponti termici, Fig. 5) ; queste zone influenzano direttamente lo scambio termico delle persone che stazionano nelle loro immediate vicinanze ; inoltre sono spesso ad una temperatura inferiore alla temperatura di rugiada che compete al contenuto di umidità dell'ambiente, con conseguenza immediata di condensa superficiale (Fig. 6), cui fa seguito il fissaggio di polvere, quindi macchie, formazione di muffe e degrado della finitura. Vengono così compromesse altre componenti del benessere, quali quella igienica e quella estetica. Se questa è la situazione di buona parte delle vecchie pareti, il rimedio unico consentito della limitazione della temperatura dell'aria ambiente consiste nell'aumentare la resistenza termica delle pareti stesse, cioè nell'aggiunta di isolamento termico.

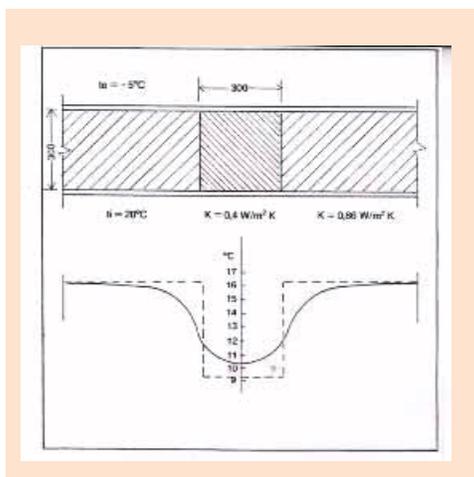


Figura 4 - Andamento della temperatura superficiale interna in corrispondenza in un ponte termico (pilastro in cls)

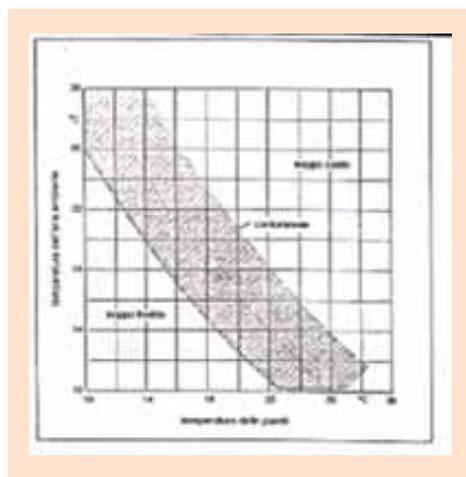


Figura 5 - Condizioni di benessere in relazione alla temperatura dell'aria e delle pareti

Risanamento strutturale

L'edificio vecchio presenta spesso degni di suoi componenti che ne compromettono non soltanto l'uso e l'aspetto, ma anche la sicurezza e la ulteriore durata nel tempo. Sono situazioni che richiedono un intervento, indipendentemente dei motivi di isolamento prima elencati ; tuttavia in molti casi alla loro origine vi è un difetto di isolamento e i rimedi comportano un miglioramento di quest'ultimo con l'introduzione di uno specifico strato coibente.

I casi principali sono :

Pareti e coperture con condensazione nel loro spessore di umidità proveniente dall'interno ; si tratta di pareti e coperture che, in concomitanza con una resistenza al passaggio del vapore troppo elevata nei loro strati più esterni, possono scendere al loro interno a temperature più basse di quelle di saturazione del vapore. La conseguenza è uno scadimento delle caratteristiche, sia strutturali, che estetiche e di isolamento. Il procedimento, detto "diagramma di Glaser" permette di mettere in evidenza il probabile insorgere di queste situazioni. Il rimedio (Fig. 7) chiaramente consiste nell'aggiungere uno strato isolante, eventualmente congiunto ad uno strato di bar-

riera al vapore.

Pareti e coperture di costituzione eterogenea e/o con giunti di dilatazione insufficienti o inefficaci, sono soggetti, negli strati esterni, ad escursioni termiche molto forti, con conseguenti movimenti differenziali non controllati; in pratica si originano fessurazioni che, a loro volta consentono infiltrazioni d'acqua e talvolta compromettono la stabilità stessa del componente ; un esempio tipico è costituito dalle odierne costruzioni a scheletro in cemento armato e mattoni forati. In questi casi l'applicazione di un isolamento nella faccia esterna, riducendo drasticamente le escursioni termiche (Fig. 8), costituisce il rimedio più efficace e risolutivo. Pareti e coperture con superfici esterne che di natura o per degrado presentano una insufficiente tenuta rispetto alle infiltrazioni della pioggia battente. In questi casi l'intervento principale consiste evidentemente nel rifacimento dello strato di tenuta (intonaco o impermeabilizzazione), ma, come si è fatto rilevare, l'occasione è da non perdere per inserire fra supporto e strato di tenuta uno strato coibente; con questa inserzione, a parte il beneficio derivato, ma non secondario del risparmio energetico, l'isolante se è non igrofilo, può contribuire alla tenuta all'acqua e permette talvolta di fare a meno di asportare il vecchio strato di tenuta, che può essere lasciato sotto lo strato isolante; inoltre il supporto, che ha subito la conseguenza dell'infiltrazione d'acqua, trovandosi ora mediamente ad una temperatura più elevata, più facilmente e rapidamente si libera dell'eccesso di umidità trattenuta.



Figura 6 - Temperatura di rugiada per aria a varie temperature e umidità

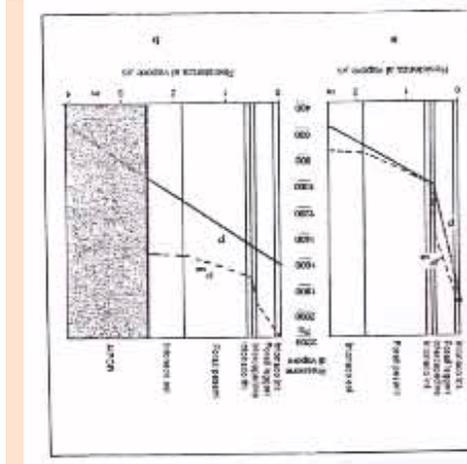


Figura 7 - Condensazione di umidità in muratura non isolata e sua eliminazione con isolamento esterno

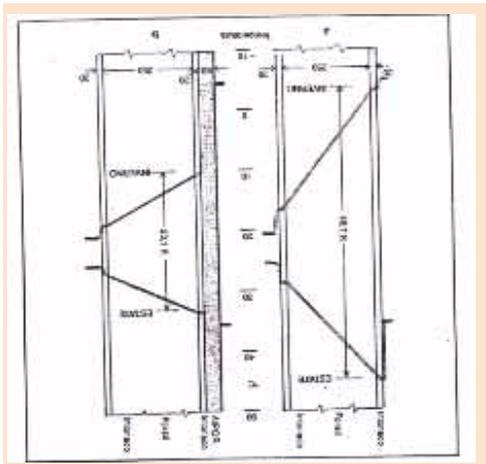


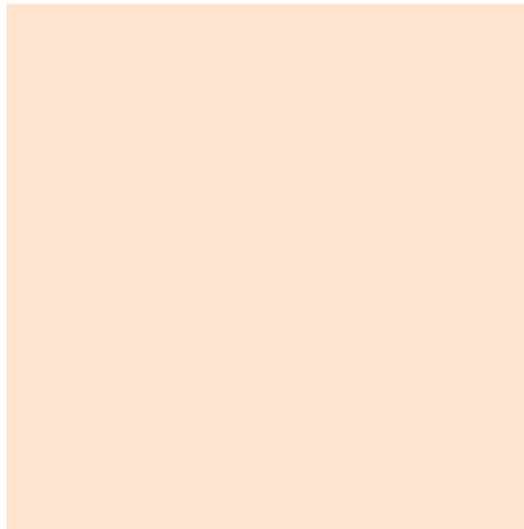
Figura 8 - Escursioni termiche annuali di una parete non isolata e con isolamento esterno

Isolamento acustico

Il rumore è una delle cause di disturbo più lamentate, fra quante affliggono le persone, specialmente quelle, e sono ormai la maggioranza, costrette a vivere in gran numero in spazi (città, edifici) limitati. Il rumore è infatti ormai compreso nella lista dei fattori di inquinamento ambientale di cui si preoccupa l'opinione pubblica e si occupano, o si dovrebbero occupare, scienziati, tecnici e politici. L'argomento peraltro non è facile da trattare, sia nei suoi fondamenti, che sono insieme fisici, fisiologici e psicologici, sia negli aspetti tecnologici, che attengono, da una parte alla misurazione del rumore e dall'altra agli accorgimenti per ridurre gli effetti. In generale, dal punto di vista psicologico, si può affermare che si è portati a sentire come più sopportabili i rumori connessi con la propria attività, sia di lavoro che di divertimento, e meno quelli dovuti a cause esterne, in particolare quelli che, per essere prodotti da fonti vicine e ben individuabili e generalmente discontinue, ci sembrano quelli che il prossimo, con un po' di riguardo, potrebbe evitare di produrre.

E' questo il caso in particolare dei rumori dovuti all'urto di un corpo solido contro parti della struttura di un edificio, come il calpestio o la caduta di un oggetto su un pavimento, oppure quelli dovuti all'attrito provocato dallo spostamento di mobili o altro o alle vibrazioni trasmesse da macchine o impianti a diretto contatto con le pareti e i solai.

Figura 1 - Vie di propagazione dei rumori d'urto di un edificio



La particolarità di questi disturbi acustici è costituita dal fatto che chi abita al piano di sotto deve adattare il suo ritmo di vita a quello degli inquilini del piano soprastante. Ciò influenza notevolmente la salute psichica e fisica dei colpiti, in particolare delle persone che, a causa del tipo di occupazione (p.es. turnisti o persone con attività che richieda molta concentrazione) hanno l'esigenza di un sonno non disturbato ; i bambini, che hanno bisogno di un sonno più lungo degli adulti, i malati e le persone anziane sono pure fra i più sensibili a questi disturbi. Un buon isolamento dai rumori di calpestio è quindi importante ; chi va ad occupare un appartamento dovrebbe poter ottenere, dal costruttore o dal locatario, l'assicurazione che egli vi potrà abitare indi-

sturbato, almeno per quanto riguarda l'isolamento acustico. Il Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS), che non è un materiale particolarmente efficace nella lotta contro i rumori aerei, si è rivelato invece uno dei più utili per combattere i rumori d'urto, se adoperato in una forma particolare, l'EPS elasticizzato, derivata da quella più nota, ampiamente impiegata per l'isolamento termico.

Una normativa relativa all'EPS elasticizzato è peraltro possibile, come dimostra l'esistenza in Germania della norma DIN 18164 parte 2, parallela alla DIN 18164 parte 1.

Il suono

Il suono, come fenomeno fisico, è costituito da oscillazioni meccaniche che si propagano in un mezzo elastico, solido, liquido o areiforme.

Il suono che colpisce l'orecchio è una vibrazione dell'aria, in cui la frequenza delle oscillazioni è compresa circa fra i 16 e 16.000 periodi/secondo. L'unità di frequenza, 1 periodo/secondo, si chiama Hertz (abbreviato Hz).

L'orecchio percepisce come simili due suoni costituiti da oscillazioni sinusoidali (toni puri o semplici), le cui frequenze siano una doppia di quella dell'altro ; il campo il frequenze comprese fra questi limiti costituisce un'ottava e corrisponde all'intervallo coperto dalla successione delle 7 note della scala musicale. L'acustica edilizia considera in generale un campo di 5 o 6 ottave, alle cui frequenze centrali vengono effettuate le varie misure previste, secondo la seguente serie normalizzata : 125 - 250 - 500 - 1000 - 2000 - 4000 Hz.

Più frequentemente però vengono considerati intervalli di 1/3 di ottava, per i quali la serie normalizzata delle frequenze è la seguente : 100 - 125 - 160 - 200 - 250 - 320 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000 - 1250 - 1600 - 2000 - 2500 - 3200 - 4000 - 5000 Hz.

La vibrazione dell'aria è caratterizzata da una pressione alternata p (pressione sonora), che si sovrappone alla pressione statica (quella atmosferica) e , come questa, si misura in Pascal ($1 \text{ Pa} = 1/\text{Nm}^2$). Il campo delle pressioni sonore che l'orecchio umano può percepire è amplissimo: da 20 Pa circa, dalla soglia di indibilità a quella del dolore ; l'energia trasmessa dalle vibrazioni sonore (intensità sonora, W/m^2) è poi proporzionale al quadrato delle pressioni sonore e si estende quindi su una scala numerica ancora più ampia e quindi alquanto scomoda da trattare; d'altra parte l'orecchio, come in generale tutte le sensazioni corporee, non reagisce in maniera proporzionale ad una variazione assoluta dello stimolo, in questo caso l'intensità sonora, bensì al rapporto fra variazione dello stimolo e livello dello stimolo prima della variazione.

Si è così condotti a confrontare il rapporto fra l'intensità sonora in esame J e una intensità di riferimento J_0 , ovvero, data la relazione fra queste grandezze e le pressioni sonore, a confrontare il rapporto p^2/p_0^2 fra la pressione sonora p e una pressione di riferimento p_0 , che si prende convenzionalmente pari al valore della soglia di udibilità di 20 Pa.

Per poter operare su numeri più comodi, si preferisce poi considerare, anziché questo rapporto, il suo logaritmo decimale :

$$\log_{10} \frac{p^2}{p_0^2} = 2 \log_{10} \frac{p}{p_0}$$

Con questa grandezza, moltiplicata per 10 e chiamata livello di pressione sonora L

$$L = 20 \log_{10} \frac{p}{p_0} \quad (\text{dB})$$

si caratterizzano in generale i fenomeni acustici che interessano l'edilizia.

L'unità di livello di pressione sonora si chiama decibel (abbreviato dB). La definizione è tale che alla soglia di udibilità si ha $L = 0 \text{ dB}$. Si avrà quindi alla soglia del dolore $L = 120 \text{ dB}$; si avrà anche che ad ogni variazione di 10 volte della pressione sonora corrisponde una variazione di 10 dB ; così p.es., una parete che abbia un potere isolante di 40 dB, riduce la pressione sonora di

100 volte, qualunque sia il valore di questa pressione. Orientativamente una variazione di 3 dB è appena percettibile, una di 10 dB è apprezzata come raddoppio (o dimezzamento) della sensazione. Una conversazione a bassa voce corrisponde a circa 40 dB, una ad alta voce a 80 dB ; rumori più forti (macchine, discoteche, ecc.) provocano fastidi sempre meno sopportabili al crescere dei dB, fino a provocare la rottura del timpano verso i 140 dB. E' da avvertire che l'orecchio non ha la stessa sensibilità a tutte le frequenze e quando ci si riferisce, come nelle indicazioni precedenti, a sensazioni uditive e non a misure fisiche, i livelli vengono espressi mediante una regola di ponderazione, fissata internazionalmente, dei livelli misurati alle varie frequenze, p.es. ogni terzo di ottava ; si parla in questo caso di dB (A). Per il presente Quaderno non è peraltro necessario addentrarsi ulteriormente in questi argomenti.

Il rumore da calpestio

Lo studio della propagazione dei rumori d'urto e delle misure per la loro attenuazione costituisce un capitolo particolare dell'acustica applicata all'edilizia. In un edificio i rumori d'urto si generano ogni volta che si verifica :

- una percussione sulle pareti verticali o sui pavimenti ; provocata per lo più dal calpestio o dalla caduta di oggetti ;
- vibrazioni dovute a macchine o impianti che sono a diretto contatto con le pareti ed i solai.

Questi rumori si propagano direttamente attraverso le strutture del fabbricato, non soltanto nell'ambiente sottostante (che è il più esposto) ma anche, secondo le caratteristiche strutturali dell'edificio, in altri ambienti più o meno lontani da quello in cui il fenomeno si è verificato. Se si tiene conto che l'energia trasmessa alle strutture da urti e vibrazioni è molto superiore a quella trasmessa dai rumori aerei e che la trasmissione per via solida interessa anche ambienti lontani, appare evidente l'importanza che la riduzione dei rumori d'urto assume nell'ambito del benessere acustico degli edifici, soprattutto residenziali. Se un oggetto percuote il solaio, l'energia ceduta si trasmette come onde di vibrazione. Quando queste arrivano sulla faccia opposta del solaio, una parte viene riflessa verso la sorgente, mentre il resto si trasmette all'aria del locale sottostante, generando così un rumore aereo (fig. 1). Solai sottili e leggeri vengono messi più facilmente in vibrazione da un urto, quindi irradiano più facilmente un rumore per via solida, di quanto fanno i solai più pesanti e più spessi. I rumori d'urto mettono in gioco aliquote di energia sonora così elevate, che i normali solai in laterizio e in calcestruzzo armato, benchè più pesanti delle pareti divisorie, sono in generale insufficienti ad assicurare un adeguato isolamento acustico nei locali sottostanti. Tuttavia non si può elevare l'isolamento acustico dei solai limitandosi ad aumentarne il peso, per evidenti ragioni statiche e di economia, né si può in generale intervenire su questo componente nelle ristrutturazioni. Le maggiori attenzioni per ridurre la trasmissione dei rumori d'urto sono rivolte ai rivestimenti, intendendo con questo termine tutto quanto sta al di sopra del solaio portante, dal sottofondo al rivestimento calpestabile. In questo senso il miglioramento dell'isolamento acustico dei solai si può realizzare mediante:

- pavimentazioni resilienti, che possono venire collocate
 - a) su superfici calpestabili esistenti;
 - b) direttamente sul solaio portante;
- pavimenti galleggianti, ottenuti inserendo uno strato di materiale elastico fra solaio portante e massetto di ripartizione.

L'isolamento dai rumori di calpestio

L'isolamento dai rumori di calpestio dei solai monostrato cresce con la massa e la rigidità flessionale. Un isolamento sufficiente non può peraltro essere raggiunto semplicemente aumentan-

do la massa per unità di superficie del solaio ; è sempre necessario aggiungere altri strati. L'isolamento voluto può essere ottenuto con un secondo strato distanziato, preferibilmente realizzato come pavimento galleggiante, che impedisce in gran parte la penetrazione del suono di percussione nella struttura del solaio, purchè non vi siano ponti acustici, ciò che richiede una esecuzione particolarmente accurata. Il pavimento galleggiante è una struttura costituita da un massetto ripartitore di calcestruzzo, che poggia sulla soletta portante tramite un materiale elastico e flessibile ; sopra il massetto che "galleggia" sul solaio si posa il pavimento calpestabile desiderato (Fig. 2). Nel caso di nuove costruzioni questa struttura è estremamente consigliabile, in quanto con bassi costi si ottiene un ottimo isolamento dai rumori di calpestio, a prescindere dalla superficie calpestabile di finitura, che può essere sia rigida, che resiliente. Lo strato di materiale elastico realizza una separazione tra la soletta portante e il pavimento calpestabile e crea un sistema oscillante che assorbe l'energia d'urto. L'attenuazione offerta da questo sistema dipende principalmente dal peso del massetto ripartitore e dalle caratteristiche elastiche del materiale flessibile. Quanto più elevato il peso del massetto ripartitore e quanto più elastico il materiale flessibile, tanto migliore è la difesa dai rumori di calpestio offerta dal sistema galleggiante. Infatti l'isolamento cresce a partire dalla frequenza propria f_0 (frequenza di risonanza) del pavimento galleggiante, che è data da

$$f_0 = 160 \frac{s'}{m'} \text{ (Hz)}$$

dove m' è la massa per unità di superficie (Kg/m²) del pavimento galleggiante e s' è la rigidità dinamica dell'isolante di spessore d (m), data dalla relazione

$$s' = \frac{E_{din}}{d} \text{ (MN/m}^3\text{)}$$

E_{din} (MN/m²) è il modulo elastico dinamico dell'isolante ; queste grandezze vengono illustrate più avanti. Si può notare che una bassa frequenza f_0 si ottiene con un pavimento galleggiante di massa elevata e un isolante di bassa rigidità dinamica, quindi di basso modulo elastico e alto spessore. La tecnica del pavimento galleggiante, se ben osservata, dà sicura garanzia di ottenere solai isolanti dai rumori d'urto e risponenti alle normative edilizie. Con il pavimento galleggiante si accresce anche l'isolamento acustico del solaio dai rumori aerei. Un contributo all'isolamento dai rumori di calpestio (ma non da quelli aerei), è fornito anche dai rivestimenti di pavimento resiliente. A differenza dei rivestimenti di finitura calpestabili rigidi (piastrelle in gres, marmo, ecc.), le pavimentazioni resilienti sono in grado di attutire direttamente l'energia d'urto, in quanto dotate di una certa elasticità e deformabilità. Sono pavimentazioni resilienti quelle costituite da piastrelle in vimilamianto, da tappeti vinilici o in gomma e i rivestimenti tessili, come tappeti e moquettes. L'entità dell'attenuazione acustica fornita dalla pavimentazione resiliente dipende dalle sue caratteristiche elastiche e dal suo spessore. I migliori risultati si ottengono con moquettes alte e morbide, possibilmente dotate di un substrato elastico di appoggio. L'utilizzazione dei locali non sempre permette l'impiego di queste pavimentazioni, in quanto esse possono dare problemi di manutenzione e di pulizia, possono offrire minori garanzie di resistenza all'usura e di durata nel tempo o dare preoccupazioni per la presenza di umidità o per insufficiente resistenza chimica. Se la difesa dal rumore è affidata soltanto alla pavimentazione resiliente, in caso di sostituzione non è possibile scegliere se non materiali con lo stesso comportamento acustico, per non avere un peggioramento dell'isolamento al calpestio. Quanto ai rivestimenti di soffitto, questi non sono molto efficaci, perché non viene impedito che il rumore di calpestio si propaghi alle pareti di contorno e da queste venga irradiato come rumore aereo. In fase di progettazione di un edificio, date le prestazioni richieste per l'isolamento dai rumori di calpestio, è possibile determinare le caratteristiche dei componenti atti a soddisfarle, seguendo i criteri contenuti nella normativa precedentemente illustrata. Ciò è importante, perché permette di assicurarsi ragionevolmente che eventuali misure effettuate sull'opera compiuta diano un risultato conforme alle prestazioni richieste. Una guida a questo fine è data, con il necessario supporto di dati, dalla citata DIN 4109.

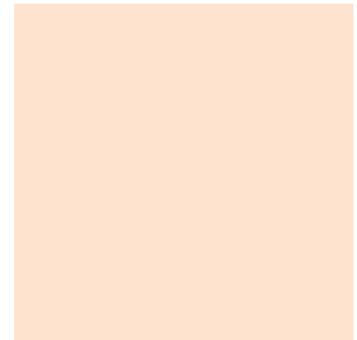


Figura 2 - Particolare di pavimento galleggiante
 1: striscia laterale di PSE elasticizzato
 2: rivestimento calpestabile
 3: massetto in cls
 4: separatore
 5: lastra di PSE elasticizzato
 6: soletta.

L'EPS elasticizzato per il pavimento galleggiante

Un buon materiale elastico per pavimento galleggiante deve poter rispondere adeguatamente a queste esigenze:

- resistenza alla compressione adeguata ai carichi previsti, statici e dinamici;
- insensibilità all'acqua e alla colata della malta del massetto;
- leggerezza e spessore contenuto;
- inalterabilità nel tempo, imputrescibilità e inattaccabilità da muffe e altri microorganismi;
- maneggevolezza, facile adattabilità, facilità e rapidità di posa in opera;
- buon rapporto prezzo/prestazioni;
- contributo all'isolamento termico del solaio.

Sono stati proposti per questo impiego pannelli a base di fibre minerali, di agglomerati di gomma, di sughero, di fibre sintetiche, nonché di espansi plastici, in particolare Polistirolo Espanso elasticizzato. Questa applicazione si è sviluppata soprattutto in Germania, dove da molto tempo l'isolamento dai rumori di calpestio nelle costruzioni è regolamentato. Attualmente si calcola che almeno 2,5 milioni di m² di pavimento galleggiante vengano eseguiti ogni anno in Germania con l'impiego di EPS elasticizzato, che è il materiale generalmente preferito per questa applicazione. I motivi di questa posizione preminente sono facilmente compresi, quando si ponga mente alle caratteristiche dell'EPS in confronto a quelle degli altri materiali proposti per questa applicazione, a fronte delle esigenze sopra elencate. Il normale EPS non è peraltro adeguato alla principale esigenza funzionale propria di questa applicazione; esso possiede infatti una rigidità dinamica che, secondo la massa volumica e lo spessore, si colloca nel campo fra 60 e 200 MN/m³, valori con i quali si ottengono modeste attenuazioni del rumore di calpestio, anche con l'isolante inserito in un pavimento galleggiante (Fig. 3).

Questo materiale è peraltro il punto di partenza per ottenere un isolante con una rigidità dinamica sufficientemente bassa, pur mantenendo tutte le altre buone caratteristiche applicative prima ricordate. Il procedimento di produzione dell'EPS elasticizzato parte infatti da normali blocchi di EPS, di massa volumica intorno a 13 Kg/m³, ottenuti però con granulometrie e condizioni di stampaggio e maturazione opportunamente controllate per massimizzare le caratteristiche cercate. Questi blocchi vengono pressati fino ad 1/3 dello spessore originario; tolta la compressione, essi ritornano all'85% circa dello spessore originario, acquistando così una massa volumica intorno a 15 Kg/m³; in questo stato vengono tagliati in lastre in piani perpendicolari alla direzione della pressione. Le caratteristiche fisico-chimiche delle lastre così ottenute non risultano alterate da questo trattamento. In particolare la conduttività termica avrà ancora il valore che compete alle lastre di EPS normale della stessa massa volumica, cioè 0,045 W/mK, come valore di calcolo secondo la UNI 7357. Ciò è da tenere presente come contributo, non trascurabile, di questo strato all'isolamento termico dei solai. Con il trattamento di elasticizzazione si modificano invece profondamente le caratteristiche meccaniche dell'espanso, a seguito della deformazione permanente che subisce lo scheletro solido delle celle. La loro forma tondeggianti divengono lenticolare, allargata perpendicolarmente alla direzione della compressione, e le pareti assumono un aspetto spiegazzato (Fig. 4). Come conseguenza il modulo elastico si abbassa notevolmente, specialmente nella direzione di compressione. La norma DIN 18164 parte 2 tratta specificatamente questo materiale, è strutturata in modo analogo alla parte 1 dedicata all'EPS come isolante termico, in vista di una procedura di controllo e di marchio di qualità. Date le analogie fra quest'ultima e la nostra UNI 7819, anche la DIN 18164 parte 2 potrebbe essere presa a modello per una normativa italiana o europea. L'appendice 3 riporta una sintesi delle prescrizioni di questa norma, per quanto riguarda le caratteristiche richieste al prodotto. Fra di esse, quelle che in particolare sono in relazione più diretta con le prestazioni specifiche per l'isolamento dai rumori di calpestio sono la rigidità dinamica e la variazione di spessore sotto carico. La prova della rigidità dinamica viene eseguita secondo il metodo descritto in DIN 52214 "Determinazione della rigidità dinamica per i pavimenti galleggianti", che è attualmente presa in considerazione

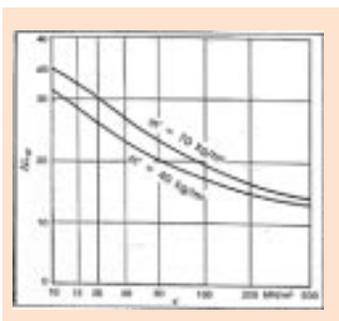


Figura 3 - Relazione teorica fra l'indice di attenuazione AL_w di un pavimento galleggiante e la rigidità dinamica s' dell'isolante, per massetti di massa areica m' di 40 e 70 kg/m² (DIN 4109 Beiblatt 2).

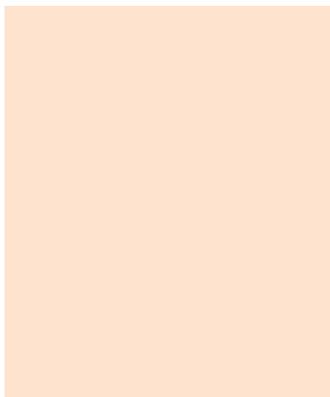


Figura 4 - Sezioni di PSE al microscopio elettronico a scansione (200 X)

A - espanso normale

B - espanso elasticizzato (Montedine).

per la sua introduzione anche nella normativa italiana. La prova (fig. 8) consiste nel porre una provetta di EPS elasticizzato di 200x200 mm e dello spessore commerciale da esaminare, su un piano pesante, applicarvi sopra, tramite una malta fluida di gesso, che deve annullare le irregolarità del provino, una piastra di acciaio di spessore tale da esercitare una pressione di 2 kPa, che simula la massa del pavimento galleggiante. A questa piastra viene fissato rigidamente un eccitatore di vibrazioni assiali di frequenza variabile e un accelerometro. La frequenza viene variata fino ad individuare la frequenza di risonanza f_R (Hz), per la quale è massima l'ampiezza delle oscillazioni.

La rigidità dinamica s' è data dalla somma $S' = S'G + S'L$ (MN/m³) della rigidità dinamica $S'G$ della struttura solida dell'espanso e di quella $S'L$ dell'aria racchiusa nelle sue celle. La rigidità dinamica $S'G$ della struttura è data dalla relazione:

$S'G = 4 \cdot 10^{-5} m' f^2 R$ (MN/m³)
dove m' (Kg/m³) è la massa areica della piastra oscillante (comprendente quella dell'eccitatore).
La rigidità dinamica $S'L$ dell'aria delle celle è data dalla relazione:

$S'L = 113/dB$ (MN/m³) (7) dove dB (mm) è lo spessore sotto carico della provetta, come definito dalla DIN 18164 p.2.

Lo spessore dB dell'isolante sotto carico, unitamente allo spessore senza carico dL è l'altra caratteristica specifica dell'espanso per l'isolamento dei rumori di calpestio, in quanto deve essere assicurato che, pur con un modulo elastico ridotto, i cedimenti sotto carico siano contenuti entro limiti accettabili. La pressione convenzionale sotto la quale è misurato lo spessore dB è di 2 kPa.

L'EPS elasticizzato attualmente prodotto in Germania è caratterizzato da un modulo elastico dinamico inferiore a 0,45 MN/m³ e da uno spessore sotto carico che è circa il 10% di quello libero e pertanto corrisponde ai tipi TK del recente progetto di revisione della DIN 18164 p.2.

La tabella seguente concentra i dati caratteristici dei tipi corrispondenti agli spessori normalizzati.

I tipi più comuni sono quello da 22/20 mm, che è in grado di soddisfare la maggior parte dei casi per i quali la DIN 4109 richiede un livello normale di isolamento dai rumori di calpestio, e il tipo 38/35 mm per le situazioni per le quali è consigliabile un isolamento superiore.

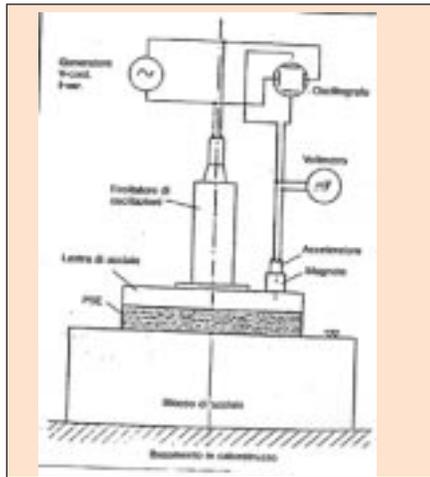


Figura 5 - Schema dell'apparecchio per la misura della rigidità dinamica (Weber-Plasticconstruction 76)

La nuova normativa in Italia sull'inquinamento acustico: Legge 447/95 e DPCM 5.12.97

In data 30 ottobre 1995, sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 254, è stata pubblicata la

“Legge quadro sull'inquinamento acustico” - legge 26 ottobre 1995 n. 447

che stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dal rumore prodotto dall'ambiente esterno e dall'ambiente abitativo, ai sensi e per gli effetti dell'art. 117 della Costituzione.

L'articolo 3 della suddetta legge fissa le competenze dello Stato ed in particolare, al comma 1) lettera e), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, affida al Ministero dell'Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità e con quelli dei Lavori Pubblici e dell'Industria, l'incarico di stabilire, a mezzo decreto del presidente del Consiglio dei Ministri, i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici stessi e dei loro componenti in opera.

In ottemperanza ai disposti sopra citati, in data 22 dicembre 1997 sulla Gazzetta Ufficiale n. 297 è stato pubblicato il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.

Sintesi del DPCM 5.12.97

Art. 1 - Campo di applicazione

L'art. 1 precisa che, in attuazione dell'art. 3 comma 1) lettera e) della legge 26 ottobre 1995 n. 447, il decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

I requisiti acustici di sorgenti sonore diverse da quelle sopra indicate vengono invece determinati da altri provvedimenti attuativi della legge 447/95.

Art. 2 - Definizioni

Ai fini dell'applicazione del decreto gli ambienti abitativi sono distinti nelle categorie indicate nella Tabella A del documento, di seguito riportata.

Tabella A - Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

CATEGORIA A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
CATEGORIA B: edifici adibiti a uffici e assimilabili;
CATEGORIA C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed altre attività assimilabili;
CATEGORIA D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
CATEGORIA E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
CATEGORIA F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili;
CATEGORIA G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Al comma 2) di questo articolo sono definiti componenti degli edifici sia le partizioni orizzontali che quelle verticali.

Il comma 3) definisce servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

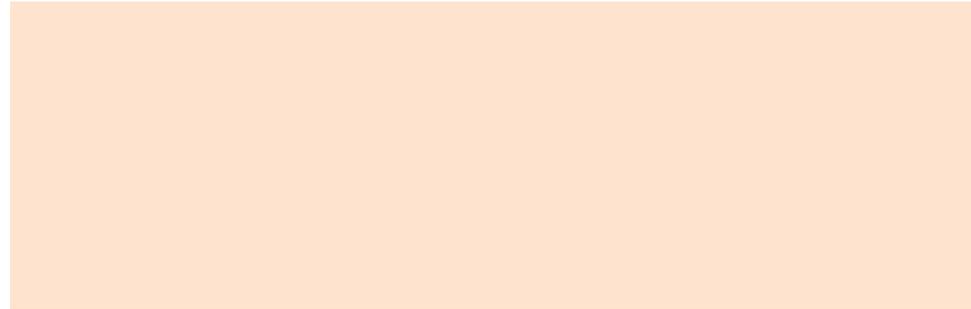
Il comma 4) definisce servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

Infine il comma 5) rimanda all'Allegato A del decreto la definizione delle grandezze acustiche cui fare riferimento.

Art. 3 - Valori limite

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore sono indicati in Tabella B, qui di seguito riportata, i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne, definiti nell'Allegato A del DPCM.

Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (art. 3)



(*) Valori di R'W riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Nota: per quanto riguarda l'edilizia scolastica i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella normativa precedentemente emanata (Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 e successivo Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, per altro non citato nel DPCM in esame).

Le grandezze di riferimento riportate nella Tabella B, che caratterizzano i requisiti acustici degli edifici, da determinare con misure in opera, sono:

- il tempo di riverberazione (T)
- il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R'). Tale grandezza rappresenta il potere fonoisolante degli elementi di separazione tra alloggi e tiene conto anche delle trasmissioni laterali (dB). Dai valori R', espressi in funzione della frequenza (terzi di ottava), si passa all'indice di valutazione R'w del potere fonoisolante apparente delle partizioni fra ambienti facendo ricorso ad un'apposita procedura. L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà fonoisolanti della partizione.
- l'isolamento acustico standardizzato di facciata (D_{2m,nT}) definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 \text{ è la differenza di livello sonoro (dB)}$$

L_{1,2m} è il livello di pressione sonora esterno a 2 m dalla facciata, prodotto dal rumore da traffico, se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata (dB).

L₂ è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente (dB)

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente in S

T₀ è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 S.

Dai valori D_{2m,nT}, espressi in funzione della frequenza, si passa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata (D_{2m,nT}) facendo ricorso ad un'apposita procedura.

L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà fonoisolanti della facciata.

- Il livello di calpestio normalizzato (L'n) Dai valori L'n1 espressi in funzione della frequenza (terzi di ottava), si passa all'indice L'nw del livello di calpestio di solaio normalizzato facendo ricorso ad un'apposita procedura. L'indice di valutazione permette quindi di caratterizzare con un solo numero le proprietà di isolamento del solaio ai rumori di impatto.
- L_{asmax} è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A, con costante di tempo slow, prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo.

-
- L_{Aeq} è il livello massimo di pressione sonora ponderata A, prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

Art. 4 - Entrata in vigore

Poiché il DPCM entra in vigore sessanta giorni dopo la sua pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale n. 297 del 22 dicembre 1997, lo stesso diviene operante dal 21 febbraio 1998.

Osservazioni in merito al DPCM 5.12.97

Molte sono le osservazioni che potrebbero farsi a partire dagli errori, imprecisioni ecc. che sono contenuti nel DPCM per cui si auspica che vengano a breve introdotte tutte le necessarie modifiche per rendere più applicabile il decreto.

Ciò premesso in questa sede illustreremo brevemente le conseguenze pratiche che si avranno, ad esempio nell'edilizia residenziale, per rispettare l'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT}$ il cui valore, inteso come indice di valutazione, è fissato in 40 dB. Per quanto riguarda l'isolamento acustico delle facciate occorre ricordare che di norma nell'edilizia residenziale le stesse sono costituite da tre parti:

- il muro ed il suo isolamento termico
- Le finestre (vetro più telaio)
- I cassonetti, nel caso di sistemi tradizionali di oscuramento con tapparelle.

Affinché l'influenza della parte opaca, opportunamente mediata con quella trasparente, risulti trascurabile sull'isolamento globale della parete esterna, è necessario in ogni caso che la stessa abbia un potere fonoisolante R_w superiore ai 50 dB. Bisogna poi tener presente che l'isolamento acustico delle facciate è pesantemente condizionato dalla presenza dei serramenti e a sua volta questi ultimi da quella dei cassonetti e dalla qualità di tenuta e dal peso dei telai.

Infatti per ottenere un potere fonoisolante del complesso vetro + telaio + cassonetto R_w maggiore od eguale a 40 dB occorre:

- un vetro-camera, ben sigillato sul telaio, e con la camera d'aria riempita possibilmente di uno speciale gas che ne aumenta considerevolmente il potere fonoisolante ($R_w = 40$ dB circa);
- un telaio di potere fonoisolante non inferiore a quello del vetro e quindi con R_w di 40 dB. Ciò può essere ottenuto solo con serramenti particolari, piuttosto pesanti e possibilmente a taglio termico;
- telai ermetici sia lungo i giunti tra parti fisse e parti mobili che tra telaio e controtelaio;
- un cassonetto con potere fonoisolante R_w 35-38 dB.

Da quanto esposto si evince che un potere fonoisolante del complesso telaio+vetro+cassonetto di circa 40 dB può quindi essere ottenuto solo adottando soluzioni abbastanza complesse e non ancora note alla maggior parte dei progettisti.

Un'importante osservazione per concludere: per realizzare edifici realmente protetti contro i rumori sia interni sia esterni è indispensabile che:

- progettisti ed imprese acquisiscano un'adeguata cultura nell'acustica edilizia sui materiali, sulle tecniche di insonorizzazione e sugli accorgimenti da adottare in sede di posa in opera
- non vengano impiegati materiali isolanti non idonei ai fini acustici
- vengano esercitati controlli sia in corso d'opera sia a lavoro finito
- intervenga, in tutte le fasi dell'opera e cioè dal progetto all'esecuzione, una nuova figura: quella dello specialista di acustica che affianchi l'impresa e che garantisca, con la sua specifica competenza, il rispetto dei disposti della nuova normativa.

Comportamento al fuoco

L'EPS ed il fuoco

La reazione al fuoco dell'EPS è in relazione, da una parte, con la sua natura chimica di idrocarburo, dall'altra con la sua particolare struttura fisica di termoplastico cellulare.

Dal primo punto di vista, essendo composto esclusivamente di carbonio e idrogeno (Fig. 1), l'EPS è un materiale che brucia completamente e i prodotti della sua combustione completa sono soltanto anidride carbonica e acqua. L'innescò della combustione presuppone la formazione, per effetto di calore esterno, dei prodotti gassosi di decomposizione dell'EPS, che ha inizio intorno ai 230-260°C, ma, in assenza di sorgenti esterne, soltanto fra 450 e 500°C si ha la loro accensione spontanea.

Si richiede quindi una certa quantità di energia per l'accensione ; in pratica, p.es. scintille di saldatura o elettrostatiche o particelle di tabacco accese non bastano per avviare la combustione. La particolare struttura termoplastica cellulare fa poi sì che l'espanso, sotto l'azione del calore, tende a contrarsi per collasso delle cellule e quindi ad allontanarsi dalla sorgente di calore, molto prima che cominci la decomposizione ; anche questo contribuisce a ritardare l'accensione.

Per quanto riguarda lo sviluppo di calore, questo ammonta, in caso di combustione completa, a circa 40.000 KJ/Kg (= 9500 Kcal/Kg). Un Kg di EPS rappresenta quindi un carico d'incendio di quasi 2 Kg di legna di potere calorifico convenzionale di 4400 Kcal/Kg, secondo la definizione del D.M. 30.11.83. In pratica le quantità in peso dell'EPS che si impiegano sono sempre modeste, dati i suoi valori di massa volumica, e un confronto più significativo può essere dedotto a parità di spessore, come mostra la tabella seguente. Calore di combustione e carico d'incendio di 1 m² di materiale in spessore di 1 cm.

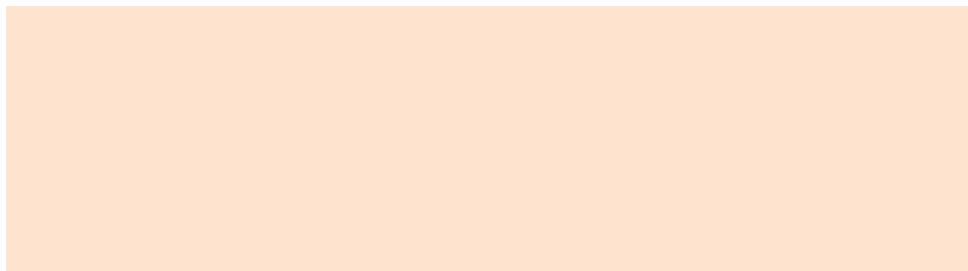


Tabella 1

Se la reazione al fuoco dell'EPS viene valutata secondo D.M. 26.6.84, il criterio di classificazione del Quadro 2, l'EPS si colloca nella classe 5, la più bassa. Fra gli aspetti che influiscono su questa classificazione, oltre le modalità di propagazione della fiamma dopo l'innescò (anche se non così veloce come per certi materiali facilmente infiammabili), vi è pure la formazione di gocce incendiate. Queste osservazioni hanno valore soprattutto nei casi in cui l'EPS è applicato in vista, che costituiscono peraltro una minima parte delle sue applicazioni. Nella generalità dei casi l'EPS è all'interno di un complesso (intercapedine muraria, getto di calcestruzzo, rivestimento di cartongesso, ecc.) ; anche l'isolamento a cappotto, in cui l'EPS si trova sotto pochi millimetri di intonaco, è considerato ufficialmente "materiale isolante non in vista". In tutti questi casi l'EPS è sottratto ad un possibile contatto diretto con una causa d'innescò, oltre che al contatto con l'aria necessaria alla sua combustione (che è da 100 a 200 volte il proprio volume, secondo la massa volumica). E' tuttavia possibile migliorare in modo sostanziale il comporta-

mento al fuoco dell'EPS, mediante l'introduzione, nella formulazione dell'espandibile, di un opportuno additivo (di solito un composto bromurato), in ragione di qualche per cento, che non ne altera (anzi di solito migliora leggermente) tutte le caratteristiche fisiche, meccaniche, di durabilità e in particolare di conducibilità termica, ma fa sì che il materiale, nelle prove secondo il D.M. 26.6.84 si collochi nella classe 1, la più elevata dei materiali combustibili, per la quale sussistono poche limitazioni di impiego. Caratteristica del comportamento alle prove regolamentari di questo tipo di EPS, detto "a migliorato comportamento al fuoco" (chiamato anche "a ritardata propagazione di fiamma" o "autoestinguento"), è che esso non brucia in assenza di fiamma d'innescio o altra fiamma esterna, anzi, per la sua tendenza a ritirarsi dalla sorgente di calore, tende ad allontanarsi dall'innescio; inoltre esso non produce gocce incendiate. Questo risultato è ottenuto senza alcun cambiamento nella tecnologia di produzione dell'espanso e con aumento di costo molto piccolo rispetto al tipo normale. Per questa ragione l'AIPE cerca di promuovere l'impiego generalizzato in edilizia dell'EPS a migliorato comportamento al fuoco. In effetti ciò rappresenterebbe, oltre che una maggiore sicurezza offerta dal materiale in opera, anche una maggior sicurezza nei depositi, sia del produttore, che del distributore e del cantiere, nonché una semplificazione del mercato e della gestione del materiale. In altri paesi queste motivazioni sono state già ampiamente recepite, tanto che in alcuni di essi (p.es. Germania Federale), è consentito l'impiego nelle costruzioni del solo EPS a migliorato comportamento al fuoco.

La norma UNI 7819 sull'EPS per isolamento termico in edilizia, nella nuova edizione 1988, è perfettamente allineata con quanto prescrive il D.M. 26.6.84. Infatti essa prevede, per tutte le masse volumiche considerate un tipo contrassegnato dalle lettere RF, che deve soddisfare alle prescrizioni del citato Decreto per la classe 1. Rispetto alla metodologia generale di prova del Decreto, la UNI 7819 aggiunge la precisazione che le prove previste dal Decreto devono essere eseguite su materiali condizionati 7 giorni a 70°C; ciò serve ad accelerare, sul materiale di recente produzione e specialmente per gli spessori più elevati, l'emissione di piccole quantità residue di espandente (pentano), che comunque l'EPS perde spontaneamente in qualche mese; la presenza di questa sostanza volatile potrebbe altrimenti in qualche caso influire sul risultato delle prove su materiale fresco. La norma UNI 7819, in vista del suo impiego in un sistema di controllo e certificazione della qualità del prodotto, distingue prove di accettazione (PA), destinate all'autocontrollo presso il produttore, prove di tipo (PT), obbligatorie per l'Istituto di certificazione, e prove di sistema (PS), che possono essere richieste per fini particolari. La rispondenza alla classe 1 di reazione al fuoco (quindi la categoria 1 in entrambe le prove ministeriali), è compresa per l'EPS tipo RF, fra le prove di sistema, mentre per le prove di tipo è prevista soltanto la verifica della categoria 1 per la prova alla piccola fiamma CSE/RF2.

L'Istituto Italiano dei Plastici, che gestisce su mandato dell'UNI il Marchio di conformità iIP alle norme per le materie plastiche, richiede, per l'ammissione al Marchio sull'EPS tipo RF, il possesso della omologazione ministeriale, oppure delle corrispondenti certificazioni, rilasciate da uno dei laboratori autorizzati, mentre, in conformità alla norma, per i suoi controlli periodici (almeno due volte l'anno) si limita a controllare il comportamento alla prova alla piccola fiamma. Si può anzi affermare che il possesso del Marchio iIP per l'EPS tipo RF è una garanzia supplementare, rispetto alla semplice esibizione della omologazione, proprio in virtù del sistema di controllo continuo da parte di un Ente Terzo, cui è sottoposto il prodotto marchiato.

Il marchio iIP garantisce anche che tutte le altre caratteristiche fisiche e meccaniche hanno livelli conformi alla norma. Le lastre sono riconoscibili per la marcatura, che portano sul fianco, (fig. 2) caratterizzata, accanto al marchio iIP nel calore stabilito per le varie masse volumiche, da una striscia rossa in cui sono inserite le lettere RF.

L'EPS, in quanto materiale organico, è anch'esso origine di fumi in caso di incendio. Per questa caratteristica comune, non essendo pensabile di eliminare la presenza di prodotti organici negli edifici, la difesa dagli effetti dei fumi è in generale piuttosto quella di controllare la loro diffusione, favorendola lungo certi percorsi e impedendola in altre direzioni. Per l'EPS si può poi osservare che il suo contributo sarà in generale modesto, sia perché è impiegato in quantità limita-

te, sia perché è quasi sempre coperto da strati incombustibili, che, anche ad incendio inoltrato, ostacolano l'afflusso dell'aria e il deflusso dei fumi dall'EPS.

Esistono comunque in letteratura anche dati di confronto tra i vari materiali, come quelli riportati nella tabella seguente per la densità ottica dei fumi, ottenuti con la camera NBS.

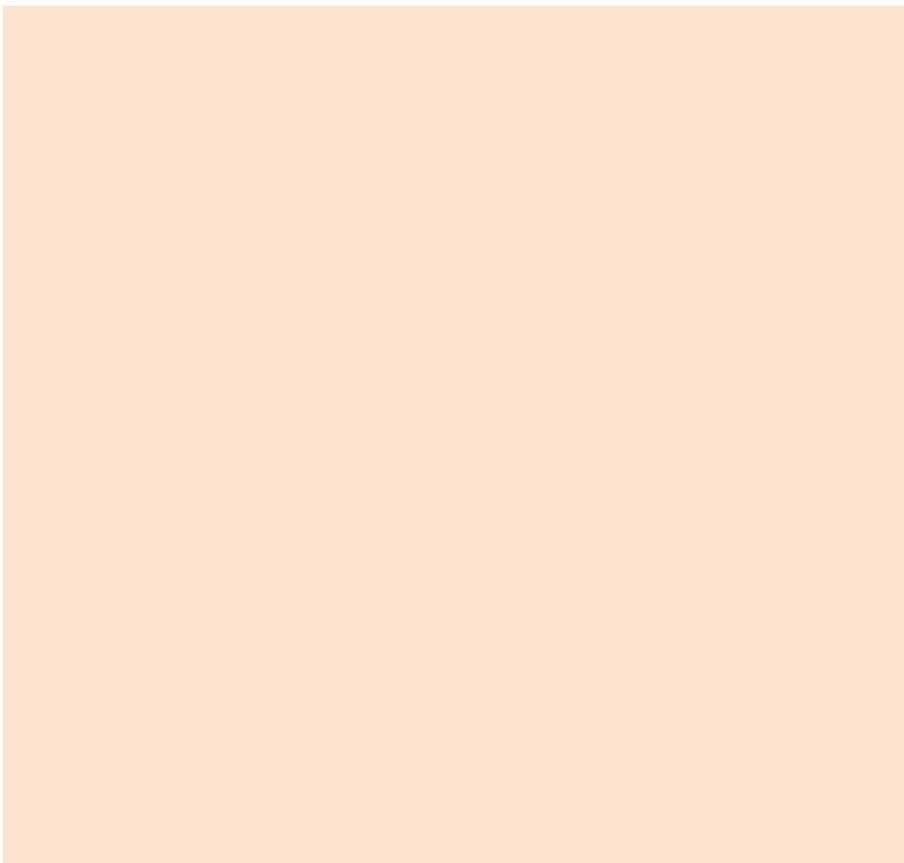


Tabella 2

Tenute presenti le osservazioni sulla significatività di queste prove, si può dire che il Polistirene si comporta, in particolare nella combustione senza fiamma (pirolisi) circa come i legnami, mentre nella combustione con fiamma, in cui i legnami sviluppano meno fumi dei materiali plastici, il polistirolo si colloca all'interno di quest'ultima classe.

Per quanto riguarda la tossicità dei fumi, l'EPS sembra essere fra i materiali meno pericolosi ; la sua produzione di CO è infatti inferiore rispetto a quella del legno, come mostra la tabella seguente, che riporta misure BASF della concentrazione di CO in ppm nei fumi, a varie temperature, eseguite secondo DIN 53436.

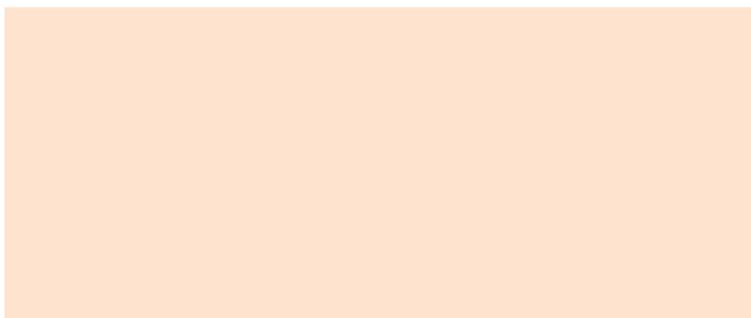


Tabella 3

Anche le prove su cavie indicano una minor tossicità dell'EPS rispetto ad altri materiali, come mostra la tabella, tratta da esperienze NASA, in cui è riportato il tempo medio di sopravvivenza in minuti di topi esposti ai fumi della combustione (metodo NASA-USF, proc. B).

Sotto questo aspetto il polistirene è favorito anche dall'assenza di azoto nella sua composizione e quindi dell'impossibilità di formare composti come acido cianidrico e ossidi di azoto durante la sua combustione. In modo sintetico e conciso vengono riportati i comportamenti al fuoco dell'EPS :

1. Caratteristiche generali

Ad una esposizione dell'EPS a temperature superiori a 100°C inizia a diventare morbido e quindi se la temperatura rimane costante si trasforma in fluido viscoso. A temperature superiori inizia a decomporsi sotto forma di gas. Con prova secondo ASTM D1929 ovvero con la presenza di fiamma pilota l'EPS normale inizia a bruciare a 360°C mentre il tipo RF a 330°C. Queste temperature indicano che al di sotto di tale valore non si sprigionano gas combustibili. In assenza di fiamma, la temperatura di autocombustione è di 450°C.

2. Il pentano.

Il pentano utilizzato per realizzare l'espansione viene totalmente perso durante la fase immediatamente successiva alla fabbricazione e quindi non influenza le caratteristiche dell'EPS.

3. EPS normale

Dopo l'innesco della fiamma brucia con la faccia esposta per completare poi la combustione di tutto il materiale. Le basse densità bruciano più velocemente a causa della alta quantità di aria contenuta in esso.

4. EPS RF

La presenza degli additivi per il ritardo della fiamma permette un significativo miglioramento del comportamento. L'EPS RF contiene una piccola quantità di additivo a base di bromo. Questo crea una contrazione del volume quando il materiale va a contatto con la fiamma. Una volta eliminata la fiamma (ovvero la causa di innesco) il materiale non produce né fiamma né continua a bruciare.

5. Fumo e gas prodotti durante la combustione

Durante la combustione l'EPS produce fumo di colore scuro. Per verificare la pericolosità dei fumi prodotti si devono combinare due effetti in modo opportuno :

- prodotti dalla decomposizione termica
- effetti biologici dei prodotti di decomposizione.

Un metodo per tenere conto di questi due aspetti è attuato dalla norma DIN 53436. Un'analisi condotta in parallelo per alcuni materiali ha evidenziato i prodotti della decomposizione termica.

6. Residui della combustione e pulizia dopo incendio

Le emissioni ed i residui dell'EPS dopo combustione non presentano particolare danno all'ambiente. Anche l'acqua utilizzata per lo spegnimento di un incendio di EPS non contiene prodotti tossici o nocivi. La pulizia dopo incendio può essere così condotta :

- aspirazione di polveri con aiuto di spazzola
- pulizia delle superfici con detergenti alcalini.

Figura 1 - Struttura chimica del Polistirene

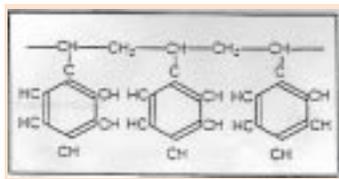


Tabella 4 - Densità di fumo generata da diversi materiali: camera di fumi NBS

MASSIMA	SPESSORE mm	MASSIMA OTTICA		TEMPO D. = 16 MINUTI	
		nessa fiamma	con fiamma	nessa fiamma	con fiamma
Polietilene	3	468	150	5,5	4,0
	3	739	375	3,8	1,1
Polipropilene	4,5	456	100	2,3	1,7
	4,5	780	119	3,0	4,2
Cloruro di polivinile	3	270	525	2,1	0,5
	4,5	490	530	1,6	0,5
Polistirene	6,3	372	690	7,3	1,3
	5,8	156	107	9,2	2,6
Polimetilmetacrilato	4,6	203	383	6,0	1,9
	3	20	214	-	-
Policarbonato	6,3	48	524	10,9	2,0
	3	420	720	-	-
Poliestere rinforzata con fibra di vetro	3	780	780	2,7	0,6
	6,3	395	76	4,1	8,0
Rovere rosso	12,7	372	118	3,8	11,2
	6,3	380	156	2,1	4,6
Cartone		150	68	1,1	4,2

Figura 2 - Marchio iIP per il PSE tipo RF

Tabella 5- Tossicità dei gas di combustione, determinata con la procedura B del metodo NASA-USF

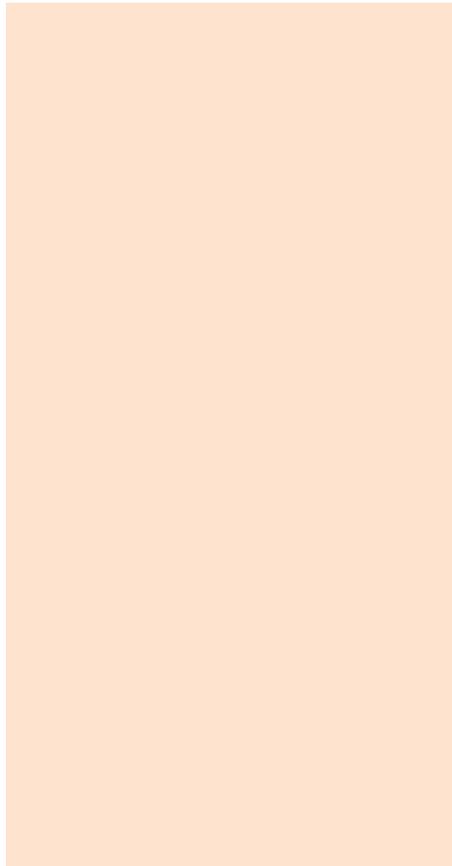


Tabella 6: Valori di tossicità dei fumi di alcuni materiali (prova a 550°C)

Tabella 7 - Temperatura d'accensione ed autoaccensione

Tabella 8- Sostanze prodotte durante la decomposizione termica dell'EPS e di alcuni materiali naturali

MATERIALE	PRINCIPALI GAS SVILUPPATI IN UN INCENDIO	CONCENTRAZIONE (ppm) DEI GAS EMESSI ALLA TEMPERATURA DI :			
		300°C	400°C	500°C	600°C
EPS normale	monossido di carbonio	50*	200*	400*	1000**
	stirene monomero	200	300	500	50
	altri aromatici	tracce	10	30	10
	bromuro d'idrogeno	0	0	0	0
EPS RF	monossido di carbonio	10*	50*	500*	1000*
	stirene monomero	50	100	500	50
	altri aromatici	tracce	20	20	10
	bromuro d'idrogeno	10	15	13	11
PINO	monossido di carbonio	400*	6000***	12000**	15000**
	aromatici	-	-	-	300
PANNELLO ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO	monossido di carbonio	14000**	24000**	59000**	69000*
	aromatici	tracce	300	300	1000
SUGHERO ESPANSO	monossido di carbonio	1000*	3000**	15000**	29000**
	aromatici	tracce	200	1000	1000

Nota alla Tabella 8 : Condizioni di prova specificate in DIN 53436 ; flusso d'aria 100 l/h ; Dimensioni del provino : 300 mmx15mmx20mm, le condizioni di prova sono riferite all'uso finale del materiale.

* Combustione senza fiamma/incandescente

** Infiammato

- Non trovato

Come confrontare i materiali durante la combustione

Il confronto razionale ed omogeneo degli innumerevoli materiali che si riscontrano nel settore delle costruzioni è realmente difficile.

Materiali con provenienza totalmente diversificata come mattoni, tessili naturali, materiali di sintesi ed ancora più complessa la materia diviene se si introduce la massa dei materiali come ad esempio compatti, espansi a pluri camere.

Per analizzare quindi in modo omogeneo tutte queste diversità si è pensato di proporre l'utilizzo di un coefficiente che tenesse conto delle caratteristiche principali del materiale.

Un confronto ragionevole può derivare solo se si confrontano i materiali con più di una caratteristica. Ad esempio i materiali isolanti di natura sintetica come l'EPS presentano al suo interno celle con una grande quantità di aria, peso limitato e volumi notevoli. Esattamente l'opposto avviene per i materiali quali il cotto ed il calcestruzzo. Per ciò che riguarda l'EPS la presunta elevata infiammabilità deriva dagli elevati volumi e dalla elevata quantità di aria in essi contenuti. D'altra parte è noto che l'aria necessaria per la corretta combustione è funzione che cresce con la massa del materiale che partecipa all'incendio.

La quantità di aria necessaria per una completa combustione di EPS in funzione della densità è la seguente :

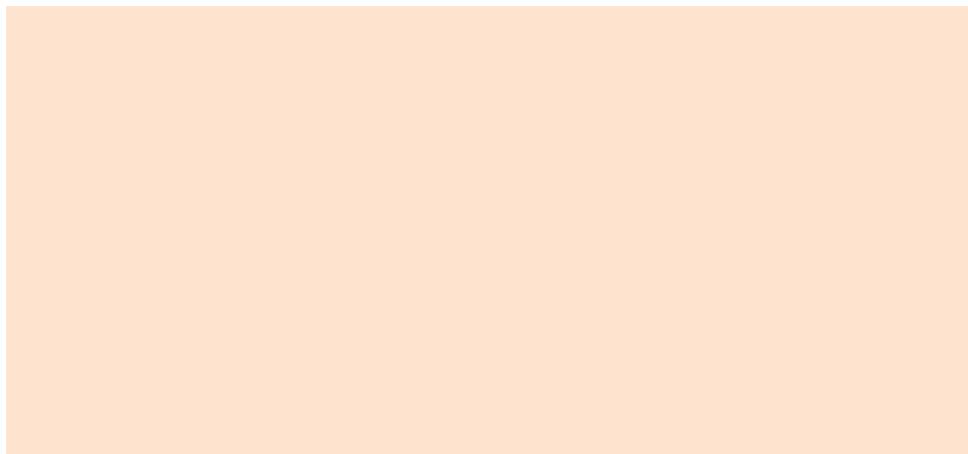


Tabella 9

Una seconda considerazione che deve essere apportata è relativa al fatto che i materiali cellulari come l'EPS sono per natura dei buoni isolanti termici.

Per temperature "normali" (non durante un incendio) il parametro che viene utilizzato per definire il livello di isolamento termico è la conducibilità "l" oppure la trasmittanza "m".

Nella situazione di alte temperature, come in un incendio, le caratteristiche di isolamento termico e di stoccaggio di calore all'interno del materiale influenzano il livello di penetrazione del calore all'interno del materiale stesso.

Con queste premesse è ragionevole introdurre il concetto di "tempo caratteristico" T_s dato da :

$$T_s = l pc$$

dove :

l = conducibilità

p = densità

c = calore specifico

Calcolando Ts per differenti materiali si ottiene :

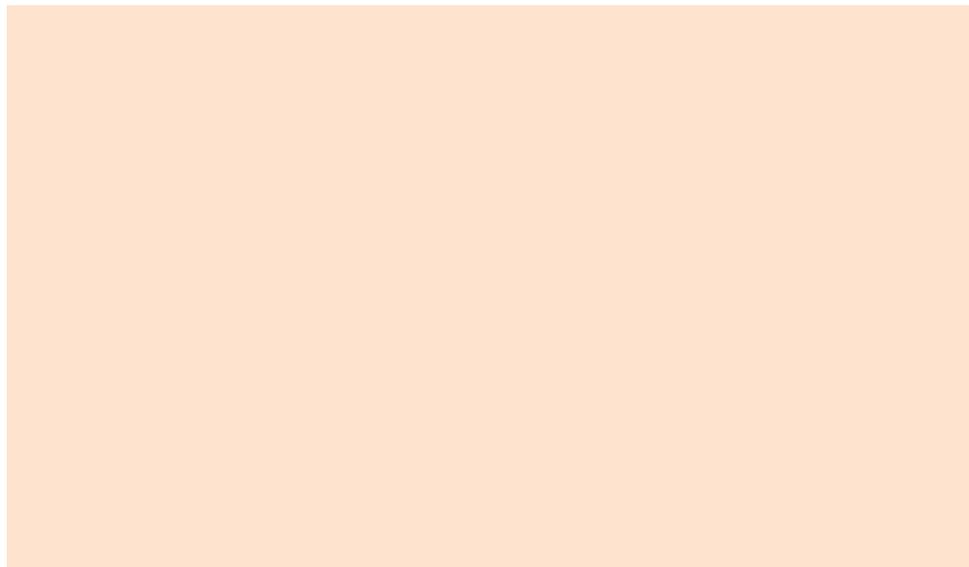


Tabella 10

Il valore di Ts deve essere il più piccolo possibile per evidenziare un materiale di ottimo comportamento globale.

Ad esempio il valore Ts per l'EPS è di 1700 volte più piccolo rispetto al mattone.

Una conseguenza evidente di Ts è il valore della temperatura superficiale del materiale che sarà tanto più elevata tanto più elevato sarà il prodotto $l \cdot pc$.

La certificazione del prodotto

Ecolabel

Il sistema Ecolabel, a carattere volontario, è uno strumento di politica ambientale ed industriale volto ad incentivare la presenza sul mercato di prodotti “puliti”. L’etichetta ecologica europea attesta, infatti, che il prodotto su cui è apposta ha un ridotto impatto ambientale nell’intero suo ciclo di vita. La consapevolezza dell’importanza della preservazione del patrimonio naturale e della necessità di un consumo “sostenibile” è ormai diffusa tra i cittadini, sempre più disponibili a svolgere un ruolo attivo nella salvaguardia dell’ambiente. Il ridotto impatto ambientale di un prodotto può essere quindi per il consumatore un parametro di scelta. L’etichetta Ecolabel offre un’informazione immediata sulla conformità del prodotto a rigorosi requisiti stabiliti a livello comunitario. L’uso dell’Etichetta Ecolabel viene concesso, in Italia, dall’Organismo Competente : Comitato Ecolabel-Ecoaudit - Sezione Ecolabel Italia (previsto dal Regolamento 413/95 e costituito con DM 12.11.96). Può presentare domanda chi produce o commercializza per la prima volta in Italia un prodotto rientrante in un gruppo per il quale sono stati stabiliti i criteri ecologici dalla Commissione europea con apposita decisione. L’Organismo Competente può proporre alla Commissione europea nuovi gruppi di prodotti. In ogni caso non può essere concesso l’uso dell’etichetta a prodotti alimentari, farmaceutici, bevande, sostanze e preparati pericolosi, o fabbricati con processi che possono nuocere all’uomo o all’ambiente. La concessione dell’etichetta passa attraverso la verifica della rispondenza ai criteri previsti, la delibera dell’Organismo Competente, che viene notificata alla Commissione europea, e la stipula di un contratto sulle condizioni d’uso. L’etichetta è assegnata per un periodo di validità dei criteri (tre anni), salvo proroga dei criteri stessi. Le informazioni assunte nel corso della valutazione di un prodotto per l’assegnazione dell’etichetta sono riservate. Gli oneri per il richiedente consistono nei costi per le analisi, che debbono essere eseguite presso laboratori abilitati, nel pagamento del diritto di istruttoria e, una volta concessa l’etichetta, nel pagamento dei diritti d’uso e dei costi per le verifiche.

Assegnazione del marchio Ecolabel

La domanda di assegnazione del marchio Ecolabel, redatta in carta da bollo secondo il facsimile di cui all’allegato I e completa della documentazione richiesta, deve essere inviata mediante raccomandata con ricevuta di ritorno all’Organismo Competente : Comitato Ecolabel Ecoaudit - Sezione Ecolabel Italia - Supporto Tecnico ANPA - Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 ROMA.

Alla domanda vanno allegati :

- il formulario tecnico specifico per il gruppo di prodotti (allegato II)
- la ricevuta del pagamento del diritto d’istruttoria, pari al controvalore in lire di 500 ECU calcolato al tasso di cambio vigente il giorno precedente la presentazione della domanda, versato sul cc bancario dell’ANPA n. 218550 Ag. 18 Banca Nazionale del Lavoro (coordinate : ABI 1005, CAB 03318) in data
- certificato di iscrizione nel registro delle imprese attestante l’assetto societario alla data della domanda. Per le ditte individuali che non abbiano ancora una posizione nel predetto registro e

per le società di fatto, certificato di iscrizione nel registro ditte della Camera di commercio, industria, artigianato e agricoltura.

- certificato “antimafia” (legge 19 marzo 1990, n.55 e successive modificazioni)
- documenti e certificati necessari alla valutazione tecnica, di cui alle decisioni della Commissione europea relative a ciascun gruppo di prodotti pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee (v. elenco - allegato III), compresa l’indicazione dei riferimenti relativi all’accreditamento del/i laboratorio/i che ha/hanno effettuato le prove (v. Circolare Ministero dell’industria n. 162263 del 31.7.97-GU n.231 dell’8.8.97). Le analisi eseguite presso laboratori di altri Paesi membri sono considerate valide, purchè tali laboratori siano riconosciuti da un Organismo Competente della Comunità europea L’istruttoria tecnico amministrativa viene effettuata entro sessanta giorni dalla data di ricevimento della raccomandata. Al richiedente verrà comunicato il nominativo del responsabile dell’istruttoria. Qualora durante l’istruttoria tecnica si rendessero necessarie integrazioni o modifiche alle informazioni originariamente presentate, il termine dei sessanta giorni previsto per lo svolgimento dell’istruttoria si intende sospeso a far data dalla richiesta di integrazione. La decorrenza del termine riprende al ricevimento delle informazioni richieste secondo la data di arrivo o di acquisizione della documentazione. Il richiedente che intenda ritirare la domanda prima della conclusione delle procedure di assegnazione, notifica con lettera raccomandata la sua intenzione al medesimo indirizzo cui ha inviato la domanda. In tale caso l’importo versato per l’esame della domanda non viene restituito. Entro trenta giorni dal ricevimento del risultato dell’istruttoria, l’Organismo Competente decide in merito alla richiesta di assegnazione e comunica la propria decisione alla Commissione europea e al richiedente. In sede di esame, può essere richiesta un’integrazione dell’istruttoria. Qualora nei trenta giorni dall’invio della notifica della decisione positiva dell’Organismo Competente alla Commissione europea quest’ultima comunichi obiezioni che non possono essere eliminate tramite consultazioni, l’Organismo Competente soprassedie alla stipula del contratto di cui al punto 2 fino a quando il problema non è risolto tramite le procedure previste dal regolamento 880/92/CEE. L’esito finale della valutazione viene comunicato al richiedente a cura dell’Organismo Competente.

Ecolabel

Riferimenti normativi :

- Regolamento 880/92/CEE del Consiglio del 23 marzo 1992 concernente un sistema comunitario di assegnazione di un marchio di qualità ecologica (GUCE L 99 1/4/92 p.1)
- Decreto 2 agosto 1995, n. 413 “Regolamento recante norme per l’istituzione ed il funzionamento del Comitato per l’Ecolabel e l’Ecoaudit” (GU n.231 del 3/10/95)
- Circolare Ministero dell’industria 31/7/97, n. 162263 - chiarimenti in merito all’accertamento dei requisiti di idoneità dei laboratori ad eseguire il controllo preliminare indipendente che deve corredare la domanda di concessione del marchio di qualità ecologica Ecolabel (GU n. 184 dell’8/8/97)
- 93/517/CEE : Decisione della Commissione, del 15 settembre 1993, concernente un contratto tipo relativo alle condizioni di uso del marchio comunitario di qualità ecologica (GUCE L 243 29/9/93 p.13)
- 93/326/CEE : Decisione della Commissione, del 13 maggio 1993, che stabilisce gli orientamenti indicativi per la fissazione delle spese e dei diritti da applicare nell’ambito del sistema di assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica (GUCE L 129 27/5/93 p. 23)
- 94/10/CE Decisione della Commissione del 21 dicembre 1993 relativa al formulario modello per il sommario ai fini della notificazione delle decisioni di assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica (GUCE L007 dell’11/1/94 p.17)

Criteria

- 93/431/CEE: Decisione della Commissione, del 28 giugno 1993, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per le lavastoviglie (GUCE L 198 7/8/93 p.38) CRITERI SCADUTI
- 94/923/CE : Decisione della Commissione, del 14 novembre 1994, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per gli ammendamenti (GUCE L 364 31/12/94 p.21) IN FASE DI REVISIONE
- 94/924/CE : Decisione della Commissione, del 14 novembre 1994, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per la carta igienica (GUCE L 364 31/12/94 p.21) IN FASE DI REVISIONE
- 94/925/CE : Decisione della Commissione, del 14 novembre 1994, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per la carta da cucina (GUCE L 364 31/12/94 p.21) IN FASE DI REVISIONE
- 95/365/CE : Decisione della Commissione, del 25 luglio 1995, che stabilisce i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ai detersivi per bucato (GUCE L 217 13/9/95 p.14)
- 95/533/CE : Decisione della Commissione, del 1 dicembre 1995, che stabilisce i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica per le lampade elettriche ad attacco singolo (GUCE L 302 15/12/95 p.42)
- 96/13/CE : Decisione della Commissione, del 15 dicembre 1995, che stabilisce i criteri per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica a prodotti vernicianti per interni (GUCE L 4 5/1/96 p.8)
- 96/304/CE : Decisione della Commissione, del 22 aprile 1995, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica alla biancheria da letto e alle t-shirt (GUCE L 116 11/5/96 p.30)
- 96/337/CE : Decisione della Commissione, dell'8 maggio 1996, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per le lampade a doppio attacco (GUCE L 128 29/5/96 p.24)
- 96/461/CE : Decisione della Commissione, del 11 luglio 1995, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica per le lavatrici (GUCE L 191 1/8/96 p.56)
- 96/467/CE : Decisione della Commissione, del 16 luglio 1996, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica alla carta per copia (GUCE L 192 2/8/96 p.26)
- 96/703/CE : Decisione della Commissione, del 26 novembre 1996, che stabilisce i criteri per l'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica ai frigoriferi (GUCE L 323 13/12/96 p.34)

La certificazione dell'azienda

I nuovi significati della qualità e la diffusione dei sistemi di gestione aziendale

Anche le motivazioni dell'incontro di oggi, cui mi è data occasione di partecipare, vanno ricercate nella evoluzione del concetto di "qualità", così come definita nella recente revisione della norma ISO 9000 -1 Una qualità che si configura per chi la realizza o per chi la ricerchi come un contenitore di attributi crescenti ai quali sono associate implicazioni volontarie e/o cogenti.

Una qualità che può ora riguardare, nello scenario imprenditoriale, entità diverse quali : l'azienda stessa, i suoi processi o i suoi prodotti e che deve, contestualmente, motivare il soddisfacimento di esigenze espresse e implicite di soggetti socio economici anche dissimili dall'azienda e dagli abituali clienti o consumatore, quali i dipendenti, i subfornitori, le collettività. Una qualità intesa, in altre parole e con un'accettazione ampia e omnicomprensiva, come qualità della vita. Una qualità quindi la cui accresciuta ricchezza di contenuti richiede all'imprenditore l'adozione di sistemi di gestione dei processi che gli consentano di presentarsi agli interlocutori pubblici e privati dando loro confidenza di avere interiorizzato nelle politiche aziendali non soltanto le attese del mercato per le caratteristiche tecniche e commerciali dei propri prodotti o servizi, ma anche le esigenze di sicurezza delle condizioni di lavoro dei dipendenti, degli utilizzatori e della collettività e quelle di tutela dell'ambiente circostante il sito produttivo, perseguendone il miglioramento nell'ambito di uno sviluppo sostenibile e traendo vantaggi competitivi da un approccio proattivo anziché reattivo. Sistemi di gestione dei processi aziendali volti ad assicurare, con metodi di prevenzione, la sicurezza e l'igiene del posto di lavoro o la tutela dell'ambiente sono già normati o regolamentati e, in diversa misura, in uso. Essi presentano notevoli analogie con i sistemi per la assicurazione della qualità dei prodotti definiti dalle norme della serie ISO 9000, come può desumersi dalla matrice di comparazione tra le norme ISO 9001 e ISO 14001 o da analoghi confronti con le norme e con i disposti legislativi sulla sicurezza. La loro applicazione è quindi favorita dalla forte e crescente diffusione dei sistemi di gestione della qualità aziendale, attestata dalle oltre 150.000 certificazioni, e una loro integrazione, che le aziende di frontiera aperte all'innovazione stanno incominciando ad attuare e alla cui opportunità entrambe le norme ISO 9001 e ISO 14001 fanno riferimento, ne consente sinergie con significativi abbattimenti dei costi. L'interesse per questi nuovi sistemi di gestione è crescente, in particolare per quello ambientale, non potendo ormai più l'ambiente essere ignorato in un mondo sempre più affollato, caratterizzato da profonde trasformazioni socio economiche e coinvolto dal progresso scientifico e tecnologico.

Motivazioni e stimoli per l'adozione dei sistemi di gestione ambientale vanno ricercati,

a) all'interno dell'azienda :

- nel considerare l'inquinamento come uno spreco economico conseguente a un inefficace impiego delle risorse (uso improprio o incompleto delle materie prime, non conversione dei sottoprodotti, ingiustificata produzione di rifiuti con maggiori costi per la loro evacuazione e/o eliminazione, inadeguato controllo dei processi e cattiva manutenzione con dissipazione di forme di energia, ecc.);
- nella possibilità di disporre di un sistema pianificato che consenta di prevenire situazioni di emergenza ambientale o di mettere in atto interventi tempestivi per farvi fronte;
- nel recuperare efficienza con il coinvolgimento, la responsabilizzazione e l'informazione del personale sulle procedure ambientali aziendali e assicurando al personale ambienti di lavoro si-

curi e non inquinati ;

- nell'evitare o nel contenere la perdita di valore di terreni, di immobili e di impianti sottraendoli a elevati carichi inquinanti ;

b) all'esterno dell'azienda :

nell'informare le collettività e gli utilizzatori sugli effetti sull'ambiente dei processi e dei prodotti dell'impresa, "perseguendo un dialogo aperto con il pubblico" e

- conseguendo, con l'accettabilità sociale del sito, una minore pressione legislativa, di controllo e sanzionatoria da parte della pubblica amministrazione;

- nel riconoscere nell'adozione di un sistema di gestione ambientale un'opportunità per il miglioramento dell'immagine e per rendere premiante il rispetto dell'ambiente anziché punitiva la sua inosservanza, potendo così fruire di incentivi amministrativi, fiscali e finanziari e stabilire un più facile rapporto con le autorità locali;

- nel guadagnare in competitività con il soddisfacimento delle richieste sempre più frequenti di clienti esteri di disporre di sistemi di gestione ambientale certificati, convalidati e registrati o autorizzati quale prerequisito per selezionare e per inserire l'azienda nell'elenco dei propri fornitori ;

- nell'acquisire superiori margini di sicurezza rispetto ai disposti legislativi evitando di cadere in infrazioni, causa di perdite economiche e di immagine ;

- nel produrre prove documentali della conformità ambientale del sito, utili in caso di cessione dell'attività e in generale quando la situazione ambientale del sito possa avere riflessi economici e/o legali.

Il regolamento EMAS per un sistema comunitario di ecogestione e audit e quello per l'assegnazione di un marchio di qualità ecologica

La presa di coscienza da parte delle collettività dell'importanza dell'ambiente sta esercitando una pressione crescente sulla pubblica amministrazione e comporta gradualmente la necessità per le aziende di disporre di strumenti di gestione dei processi resi trasparenti e credibili da verifiche di organismi super partes per potere commercializzare i propri prodotti. Questa situazione non è circoscritta ai soli paesi occidentali più industrializzati ma è estesa anche ad altri quali Cina, Malaysia, Corea del Sud. Le prime risposte del sistema industriale a queste attese sono consistite in valutazioni delle condizioni ambientali del sito - gli "audits" -, diversamente programmati e condotti su base volontaria o in forza di disposti legislativi. Tali iniziative sono state sviluppate dapprima negli USA, a partire dagli anni '70, e, successivamente, negli anni '80, in Europa, in particolare in Olanda e nel Regno Unito, ma si sono rivelate insufficienti in quanto non inserite in un organico sistema di gestione ambientale. A partire dagli anni '90 sono state gradualmente emesse norme europee sui sistemi di gestione ambientale quali l'inglese BS 7755, la francese X30 - 200 1, 2, 3, 12, l'irlandese IS 31010, la spagnola UNE 77 - 801(2) - 9313 e, alla fine dello scorso anno la serie delle ISO 14000 con la già ricordata ISO 14001, che costituiscono il necessario riferimento per le imprese e per gli organismi di certificazione. L'Unione Europea ha, sin dalla sua creazione con il Trattato di Roma, considerato l'ambiente come una componente dei principi e degli obiettivi della sua politica sociale (art. 130 S).

Il Consiglio, nell'ambito del V programma comunitario di politica e di azione in relazione all'ambiente, sancisce nel '93, con la risoluzione "Verso uno sviluppo sostenibile", il principio di uno sviluppo socio-economico che vada di pari passo con la tutela dell'ambiente e che promuova il superamento di una politica ambientale esclusivamente regolata da strumenti di "comando/controllo", sostituita da un'altra basata su principi di prevenzione, riduzione e possibilmente eliminazione dell'inquinamento alla fonte. Questo nuovo approccio trova definizione nel regolamento (CEE) N. 1836/93 che attiva un sistema di ecogestione e di audit ambientale (Eco Management and Audit Scheme - "EMAS") al quale possono aderire volontariamente le imprese

che svolgono attività industriali e del quale i “Considerando” del regolamento prevedono la successiva estensione anche alla distribuzione commerciale e ai servizi pubblici. L’EMAS è stato preceduto dal regolamento (CEE) N. 880/92 per un sistema comunitario di un marchio di qualità ecologica, ed è stato di recente completato dalla direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento. Il regolamento EMAS consente all’azienda che gli si conformi di ottenere la registrazione del sito da parte di un “organismo competente” che le assegna un numero di registrazione, ne pubblica gli estremi sulla GUCE e acquisisce il diritto di emettere dichiarazioni di partecipazione e di usare l’acronimo con le dodici stelle del “sistema di ecogestione e audit”.

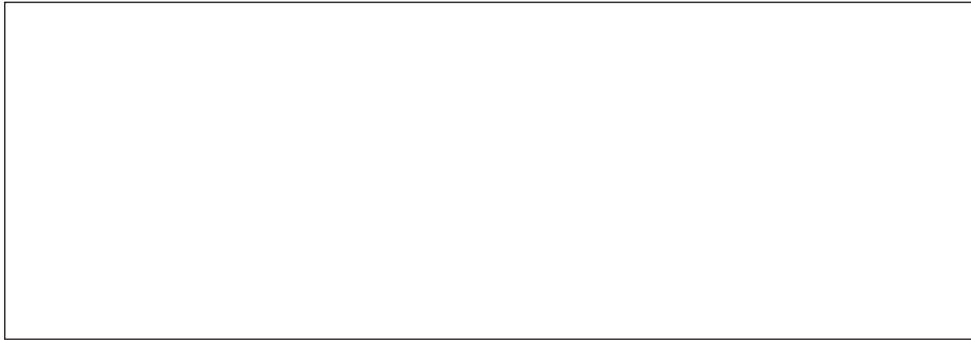
Per la partecipazione al sistema EMAS, l’azienda deve :

- adottare una politica ambientale ;
- effettuare un’analisi preliminare del sito ;
- introdurre un programma ambientale e un sistema di gestione ambientale applicabile a tutte le attività svolte nel sito ;
- effettuare audit ambientali con frequenze almeno triennali ;
- fissare, in base ai risultati degli audits, obiettivi per il costante miglioramento dell’efficienza ;
- elaborare una dichiarazione ambientale specifica per ciascun sito, iniziale e al completamento di ciascun audit o ciclo di audit, emettendo inoltre annualmente dichiarazioni ambientali semplificate ;
- sottoporre all’esame di un verificatore ambientale accreditato la politica, il programma, il sistema di gestione, la procedura di analisi o di audit e la dichiarazione ambientale per la relativa convalida ;
- comunicare le dichiarazioni ambientali all’organismo competente per le relative registrazioni.

L’accreditamento del verificatore ambientale, sia esso organismo di certificazione che persona singola, è effettuato da un sistema costituito dallo Stato membro, nel nostro Paese ancora in corso di definizione, che prevede il ricorso agli organismi di accreditamento esistenti, agli organismi competenti o ad altri organismi con statuto appropriato. Presupposto per la partecipazione dell’azienda al sistema EMAS è il rispetto di tutta la legislazione ambientale applicabile al sito, requisito questo di forte responsabilizzazione per l’azienda e anche per il verificatore all’atto della convalida. I possibili effetti ambientali riguardano infatti : le emissioni nell’atmosfera, gli scarichi nell’acqua o nella rete fognaria, i rifiuti solidi, gli elementi contaminanti il terreno, l’uso del terreno, dell’acqua, di combustibili, di energia e di altre risorse naturali, lo scarico di energia termica, rumori, odori, polveri, vibrazioni e l’impatto visivo, l’incidenza su settori specifici dell’ambiente o degli ecosistemi, i prodotti - il cui effetto sull’ambiente deve essere valutato lungo l’intero loro ciclo di vita (“from the cradle to the grave”) e le loro confezioni.

Il corpo legislativo, nazionale e comunitario, che li regola è estremamente esteso, con decine di leggi e decreti e con decine di direttive.

Un tentativo di semplificazione della gestione delle dichiarazioni di adempimento è stato fatto per la modulistica con la legge 70/94 “norme per la semplificazione degli adempimenti in materia ambientale, sanitaria e di sicurezza pubblica, nonché per l’attuazione del sistema di ecogestione e di audit ambientale”, legge che, peraltro, risulta per alcuni aspetti contrastare i disposti del regolamento EMAS.



L'AIPE - Associazione Italiana Polistirolo Espanso - è una associazione senza fini di lucro costituita nel 1984 al fine di tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e di svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico AIPOR munite di Marchio UNI - IIP di conformità alla norma UNI 7819 che a quello della produzione di manufatti destinati all'azienda e all'imballaggio.

Dal maggio 1994, a sottolineare l'impegno dell'associazione per una sempre maggiore rappresentatività sul mercato, è in vigore il nuovo statuto che apre l'adesione all'AIPE a tutti i produttori di semilavorati e manufatti in polistirene espanso, anche se non ancora dotati di marchi di qualità certificata.

Fanno pure parte dell'AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee.

Un ultimo gruppo di soci è costituito dalle aziende fabbricanti di attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato.

L'AIPE, con la collaborazione delle aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta e al riciclo di imballi e scarti di polistirene espanso. A livello internazionale l'AIPE rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS - European Manufactures of Expanded Polystyrene -, associazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

L'AIPE, che opera secondo il principio fondamentale della qualità dei prodotti, fornisce agli utilizzatori una informazione seria ed obiettiva sulle caratteristiche e prestazioni dei semilavorati e manufatti in polistirene espanso sinterizzato di qualità.

AIPE - ASSOCIAZIONE ITALIANA POLISTIROLO ESPANSO

Via M. U. Traiano 7 - 20149 Milano

Telefono: 02/33606529- Telefax: 02/33606604

aipe@epsass.it

<http://wwwepsass.it>

L'AIPE - Associazione Italiana Polistirolo Espanso

Con la collaborazione di Aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta ed al riciclo di imballi o scarti di polistirolo espanso, purchè pulito e non accoppiato a materiali estranei (cartone, nastro adesivo, metalli, legno, plastiche diverse, ecc.).

I Soci AIPE offrono alle Amministrazioni che ne facciano richiesta il seguente servizio:

- fornitura di sacchi di polietilene per la raccolta del polistirolo espanso;
- ritiro dei sacchi pieni, secondo tempi convenuti, al raggiungimento del volume stabilito;
- in alternativa, disponibilità a ricevere gratuitamente presso la propria sede i sacchi pieni, senza vincolo di quantità.

Il raggio operativo delle Aziende della rete AIPE è di circa 100 km, la quantità minima richiesta per il ritiro è di 30 m³, o di 12 sacchi pieni.

Il costo del servizio è sicuramente competitivo rispetto al costo di smaltimento in discarica.

Telefonare al Socio AIPE più vicino, per concordare direttamente tempi e condizioni del recupero, secondo le Vostre necessità.

Tutto il materiale recuperato viene riciclato:

- macinato e poi mescolato a calcestruzzo per ottenere calcestruzzo alleggerito
- oppure mescolato a polistirolo espanso vergine per produrre nuovi imballi componenti di alleggerimento in edilizia;
- oppure macinato e mescolato al terreno per il miglioramento del drenaggio in agricoltura;
- oppure ritrasformato in polistirolo cristallo e usato per la produzione di manufatti plastici.

International Network of EPS Packaging Manufactures

Expanded polystyrene packaging is being recovered for recycling through out the world. However, the means by which each country implements its own waste management programme is often dictated by local and national guidelines, meaning that individual countries recover used EPS in different ways.

Through closer collaboration, countries around the working towards a network system whereby information can be readily shared in support of the user of EPS packaging. As part of this new networking procedure, this document has been designed to overcome a lack of local knowledge, by outlining details of the national organisation which can provide specific information about EPS recovery in its own country.

These organisations are also well placed to provide information about the properties of, and benefits in using, EPS packaging.

Countries participating in the work of the European Manufacturers of Expanded Polystyrene Packaging (EU-MEPS) are denoted accordingly.

EUROPA: Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Italia, Olanda, Norvegia, Portogallo, Islanda, Spagna, Svezia, Svizzera, Gran Bretagna.

ASIA: India, Indonesia, Giappone, Korea, Malesia, Singapore, Australia.

AMERICA: Brasile, Canada, Stati Uniti.

L'AIPE - Associazione Italiana Polistirolo Espanso - è una associazione senza fini di lucro costituita nel 1984 al fine di tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e di svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico AIPOR munite di Marchio UNI - IIP di conformità alla norma UNI 7819 che a quello della produzione di manufatti destinati all'azienda e all'imballaggio.

Dal maggio 1994, a sottolineare l'impegno dell'associazione per una sempre maggiore rappresentatività sul mercato, è in vigore il nuovo statuto che apre l'adesione all'AIPE a tutti i produttori di semilavorati e manufatti in polistirene espanso, anche se non ancora dotati di marchi di qualità certificata.

Fanno pure parte dell'AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee.

Un ultimo gruppo di soci è costituito dalle aziende fabbricanti di attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato.

L'AIPE, con la collaborazione delle aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta e al riciclo di imballi e scarti di polistirene espanso. A livello internazionale l'AIPE rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS - European Manufactures of Expanded Polystyrene -, associazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

L'AIPE, che opera secondo il principio fondamentale della qualità dei prodotti, fornisce agli utilizzatori una informazione seria ed obiettiva sulle caratteristiche e prestazioni dei semilavorati e manufatti in polistirene espanso sinterizzato di qualità.

AIPE - ASSOCIAZIONE ITALIANA POLISTIROLO ESPANSO

Via M. U. Traiano 7 - 20149 Milano

Telefono: 02/33606529- Telefax: 02/33606604

aipe@epsass.it

<http://www.epsass.it>

Finito di stampare nel mese di maggio 1999
